

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea



**5TH EUROPEAN CONFERENCE
ON ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY
IN ARCHITECTURE AND PLANNING**

RUFINO J. HERNÁNDEZ MINGUILLÓN, VÍCTOR ARAÚJO CORRAL, RAFFAELINA LOI (Editors)

EDITORES

Rufino J. Hernández Minguillón
Víctor Araújo Corral
Raffaelina Loi

DISEÑO Y COORDINACIÓN

Víctor Araújo Corral
Raffaelina Loi
Sara de Maintenant López

EDITA

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea,
Servicio Editorial/Argitalpen Zerbitzua , 2014.
ISBN: 978-84-9082-003-2
Depósito legal/Lege gordailua: BI-1046-2014

**5TH EUROPEAN CONFERENCE
ON ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY
IN ARCHITECTURE AND PLANNING**

5º CONGRESO EUROPEO
SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD
EN ARQUITECTURA Y URBANISMO

Donostia-San Sebastián, 7 - 9 Julio 2014

Lean architecture, lean urban planning

XXXIII Cursos de Verano / XXXIII. Uda Ikastaroak
XXVI Cursos europeos / XXVI. Europar Ikastaroak

COMITÉ ORGANIZADOR
ORGANIZING COMMITTEE

Rufino J. Hernández Minguillón (Director)
Doctor Arquitecto. Escuela Técnica Superior de
Arquitectura de San Sebastián

Raffaelina Loi
Investigadora grupo caviar UPV/EHU

Víctor Araújo
Investigador grupo caviar UPV/EHU

Iñaki Mendizabal
Doctor Arquitecto. Escuela Técnica Superior de
Arquitectura de San Sebastián

COMITÉ TÉCNICO
TECHNICAL COMMITTEE

Sara de Maintenant López

Aritz Pérez Berra

COMITÉ CIENTÍFICO
SCIENTIFIC COMMITTEE

Servando Álvarez
Universidad de Sevilla

Fernando Bajo
UPV/EHU

Javier Cenicacelaya
UPV/EHU

Eduardo de Oliveira
Universidade de Porto. Agencia de Energía de Porto

Víctor Echarri
Universidad de Alicante

Helena Granados
Arquitecta

Agustín Hernández
Universidad Politécnica de Madrid

Rufino J. Hernández
UPV/EHU

Jose María Sala
UPV/EHU

Matheos Santamouris
Universidad de Atenas

Alvaro Soto
Universidad Politécnica de Madrid

Isabela Velazquez
Arquitecta

UPV/EHU **caviar**
calidad de vida en arquitectura
quality of life in architecture



INDEX

9 **presentación** introduction

comunicaciones papers

- 11 **ACERO ALEJANDRO, JUAN ANGEL**
Metodologías de evaluación del confort térmico exterior para el diseño urbano
Outdoor thermal comfort evaluation methods for urban design
- 19 **ADARVE GÓMEZ, AGUSTÍN**
Validación experimental del cálculo CFD de ventilación natural del mall de un centro comercial en Mosquera, Colombia
Experimental validation of the CFD calculation of the natural ventilation system of shopping mall in Mosquera, Colombia
- 27 **ALONSO CALVO, CARLOS**
Análisis de soluciones constructivas en el casco histórico de Cáceres desde el punto de vista de la rehabilitación energética y su amortización económica.
Analysis of building solutions in the historic city centre of Cáceres from the point of view of energy restoration and its economic repayment
- 35 **ALVAREZ RABANAL, FELIPE**
Análisis del comportamiento térmico de forjados mixtos colaborantes ligeros mediante simulación numérica
Thermal analysis of lightweight composite slabs by numerical simulation
- 43 **ARREGI GOIKOLEA, BEÑAT**
Planteamiento innovador para la rehabilitación energética de casas en hilera históricas de Dublín mediante SATE con extracción localizada integrada
Innovative large-scale approach to external wall insulation retrofit of historic Dublin terraces with integrated extract ventilation
- 53 **BARRIOS PADURA, ANGELA**
El empleo del plástico reciclado en la rehabilitación energética de los edificios. Una apuesta por la sostenibilidad
Employment of recycled plastic in buildings' energy rehabilitation. A sustainability commitment
- 63 **BATEY, MATT**
Uso innovador de dispositivos TIC tradicionales para descubrir patrones de uso y mejorar la eficiencia energética en edificios de oficinas
Innovative use of traditional ICT devices to uncover spaces' usage patterns and improve energy efficiency in office buildings
- 73 **DE ISLA GOMEZ, ANA BELEN**
e2CO2cero: calculando la Energía Embebida y la Huella de Carbono de la Edificación
e2CO2cero: Embedded Energy and Carbon Footprint of Buildings
- 81 **DEL AMA GONZALO, FERNANDO**
Producción y gestión de energía en edificios. Vidrios Activos con cámara de agua en circulación
Energy production and management in buildings. Active glazing with water flow chamber
- 89 **FONTELA MARTINEZ, MIGUEL**
Distrito del Futuro - DoF, framework abierto para la optimización de la generación y consumo de energía en las ciudades
District of Future - DoF, open framework for the generation and optimization of energy consumption in city environments
- 97 **GARCIA LOPEZ, ELISA DE LSO REYES**
RE- Reconversión urbana y reutilización material en los antiguos astilleros de El Natahoyo en Gijón, Asturias
RE- Materials reuse and regional transformation scheme in former shipyards in El Natahoyo in Gijón, Asturias
- 107 **GONZALEZ BARROSO, JOSE Mª**
El 'Diseño para la desconstrucción', una metodología Lean
The 'Design for disassembly', a Lean methodology

- 119 **HERNANDEZ CABRERA, MIRIAM**
Evolución de las condiciones energéticas en el ensanche de San Sebastián. Zonificación energética
Evolution of energy conditions in San Sebastian's extension. Energy zoning
- 129 **JORGE CAMACHO, CRISTINA**
La concentración de recursos energéticos en islas de paisaje a través del estudio de organismos microscópicos
The energy concentration resources in landscape islands through the analysis of microscopic organisms
- 143 **MÍNGUEZ MARTÍNEZ, ENRIQUE**
Estrategias de revitalización para una ciudad eficiente. Sistema de Polinúcleos Sostenibles
Revitalization strategies for an efficient city. Sustainable polinucleos system
- 155 **MOLINERO AGUIRRE, ITXASO**
Identificación de las áreas rurales. Metodología y el caso del País Vasco
Identifying rural areas. Methodology and the Basque Country case
- 163 **PATIÑO CAMBEIRO, FAUSTINO**
Implantación de mejoras en la búsqueda del consumo energético casi nulo para edificios de viviendas ¿Intervenciones activas o pasivas?
Implementation of improvements searching for residential buildings with consumption almost zero energy. Interventions active or passive?
- 177 **PEREZ GULIN, JUAN MARCOS**
Entendiendo las ciudades. Una metodología para la visualización de información urbana y el diseño de indicadores útiles para su gestión
Understanding cities. A methodology for urban data visualization and designing useful indicators for city management
- 187 **POMBO RODILLA, OLATZ**
Estudio energético y económico de la rehabilitación de la fachada de un edificio residencial en Madrid
Energy and economic survey of the renovation of a residential building wall in Madrid
- 195 **RODRIGUEZ RODRIGUEZ, FRANCISCO JAVIER**
La Certificación en Sostenibilidad LEED de un Centro Logístico textil: Ejemplo de actuación durante la obra para la consecución de créditos
The Certification in Sustainability LEED of a Logistic textile Center: Example of action during the work for the credits attainment
- 203 **URANGA SANTAMARIA, ENEKO JOKIN**
Beneficios y riesgos de la rehabilitación energética en el patrimonio edificado: 5 grados de intervención
Benefits and risks of energy rehabilitation in built heritage: 5 intervention degrees
- 211 **VALBUENA GARCIA, FRANCISCO**
La experiencia del Edificio LUCIA: estrategias imprescindibles de sostenibilidad para conseguir Edificios De Energía Casi Nula
LUCIA Building experience: essential strategies for sustainability to achieve Near Zero Energy Buildings

pósters

- 220 **CIGANDA URDIAIN, I.**
S.U.T. herramienta informática libre para análisis, visualización y evaluación de sostenibilidad global (medioambiental, económica y social).
S.U.T. Freeware tool for analysis, visualization and evaluation of global sustainability (environmental, economic and social)
- 222 **MASEDA, JOSE M.**
Categorización de Edificios en Altura con Potencial Impacto en Ahorro Energético
Categorization of High Rise Buildings with Highest Impact on the Energy Conservation Potential

Nuestro agradecimiento a las instituciones y empresas que colaboran con la quinta edición del Congreso:

Our sincere gratitude to all the institutions and companies that collaborate in the fifth edition of the Conference:

Colaboradores institucionales

Institutional partners



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

GIPUZKOAKO CAMPUSEKO ERREKTOREORDEZTA
VICERRECTORADO DEL CAMPUS DE GIPUZKOA

IKERKETAREN ARLOKO ERREKTOREORDEZTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ARKITEKTURA SAILA
VDEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA

ARKITEKTURA GOI ESKOLA TEKNIKOA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



Patrocinador Platino

Platinum sponsor



Patrocinador Oro

Gold Sponsor



Media partners



Presentación

Este libro recoge las comunicaciones seleccionadas para el 5º Congreso Europeo sobre Eficiencia Energética y Sostenibilidad en Arquitectura, organizado por el grupo de investigación Calidad de Vida en Arquitectura de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

El congreso, que se celebra en el marco de los XXXIII Cursos de Verano de la UPV/EHU, aborda en esta cuarta edición el tema "Arquitectura y Urbanismo Lean".

Alrededor de este tema general se desarrollan cinco ponencias magistrales, a cargo de Javier Cenicacelaya (UPV/EHU), Christine Pasquire (Universidad the Nottingham Trent, Reino Unido), José Fariña Tojo (Universidad Politécnica de Madrid), Judith Ryser (CityScope Europe, Reino Unido) e Ignacio Fernández Solla (Arup España). Además 24 comunicaciones seleccionadas por el comité científico presentarán trabajos de investigaciones actuales en las sesiones orales y póster.

El Congreso pretende aprovechar la sinergia producida por la intervención de ponentes y participantes con perfiles diversos para analizar y proponer respuestas a los problemas actuales con profundidad y especificidad a partir de un marco general integrado.

Es objetivo paralelo del congreso es fortalecer las líneas de investigación en eficiencia energética y sostenibilidad de los grupos de investigación y formación de la UPV/EHU comprometidos con esta propuesta, con objeto de colaborar en el reforzamiento de la I+D+i en su ámbito de conocimiento y apoyar la apuesta específica de los Gobiernos Central y Vasco, así como de otras instituciones nacionales e internacionales respecto a las actividades de I+D+i en las materias relacionadas con el cambio climático, la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental.

Durante el congreso se hará entrega de la segunda edición del Premio EESAP a la mejor aportación al Congreso, que tiene como objetivo fomentar y recompensar las presentaciones de calidad. Patrocinado por VEKA, se entregará al autor o autores de la comunicación que, según la valoración por pares realizada el Comité Científico, sea merecedora de tal galardón.

Finalmente queremos agradecer a las instituciones y empresas que colaboran con esta cuarta edición del Congreso: Vicerrectorado del Campus de Gipuzkoa, Vicerrectorado de Investigación, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Departamento de Arquitectura, Gobierno Vasco, Kutxabank, Veka y Leantricity.

Introduction

This book contains the selected abstracts of the 5th European Conference on Energy Efficiency and Sustainability in Architecture and Planning organized by the research group Quality of life in Architecture of the University of the Basque Country.

The Conference is part of the XXXIII Summer Courses of the UPV/EHU and raises, in its fourth edition, the topic "Lean architecture, lean urban planning"

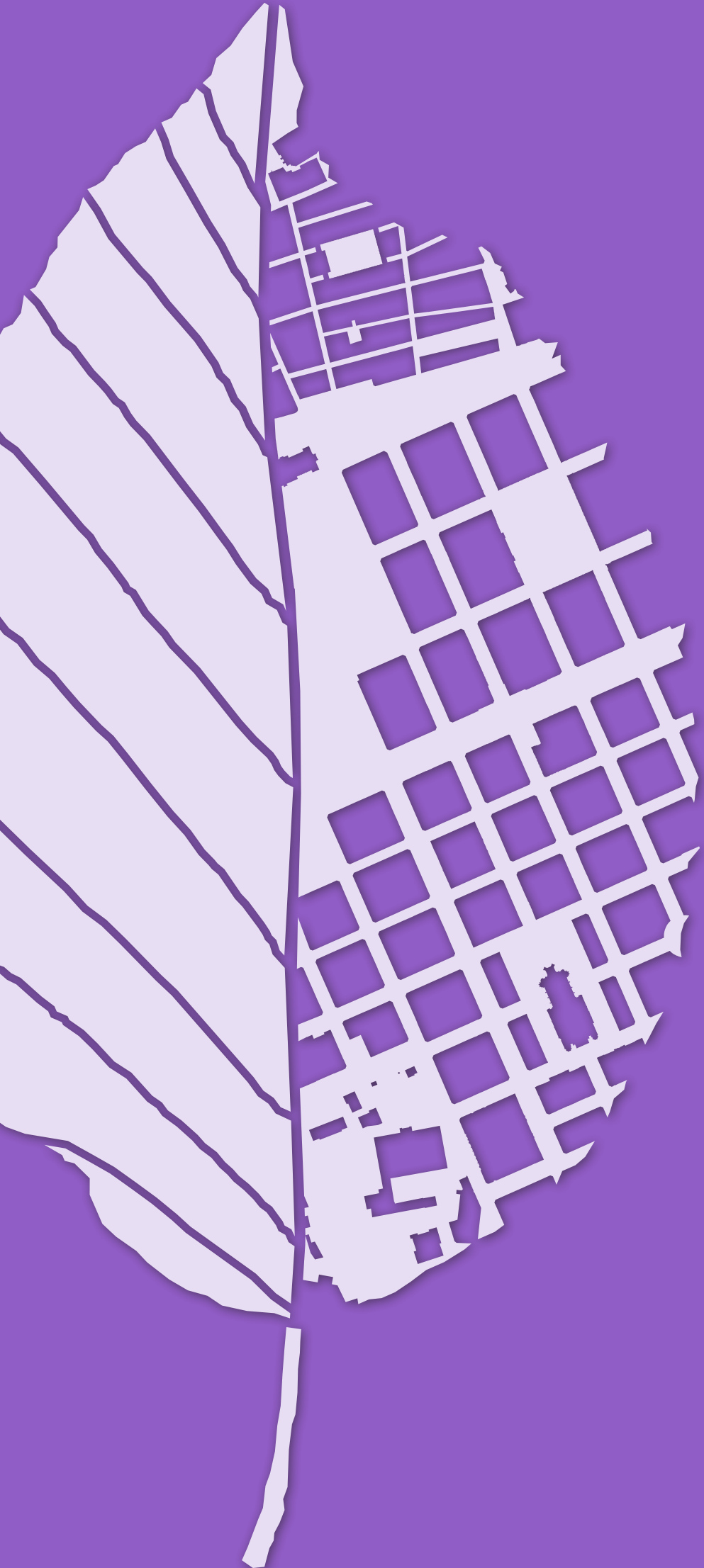
Around this general theme there are five invited speakers: Cenicacelaya (UPV/EHU), Christine Pasquire (Nottingham Trent University, UK), José Fariña Tojo (Universidad Politécnica de Madrid), Judith Ryser (CityScope Europe, UK) and Ignacio Fernández Solla (Arup Spain). 24 abstracts have been selected by the scientific committee and they will present actual research works in the speakers presentations and posters.

The conference wants to benefit of the synergies produced from the intervention of the speakers and from the diverse profiles of the participants to analyze and propose answers to the actual problems.

The purpose of the conferences, at the same time, is to strengthen the investigation lines in energy efficiency and sustainability, of the research and education groups of the Basque Country University (UPV/EHU), involved with this proposal, with the purpose of collaborating in the reinforcement of the I+D+i in its knowledge field, and support the specific raising of the Central and Basque Government, as well as other national and international institutions related to the I+D+i activities in the related fields of the climate change, energy efficiency and environmental sustainability.

During the Conference the Organizing Committee will deliver, for the second consecutive year, the EESAP Award, sponsored by VEKA, which will be given to the author or authors of the paper presented at the Congress that is deserving of this award, according to the peer assessment made by the Scientific Committee.

Finally, we wish to thank all the institutions and enterprises which have collaborate with us: Vice - Rectorate of the Campus of Gipuzkoa, Vice-Rectorate of Researching, High Technical School of Architecture, Department of Architecture, Basque Government, Kutxabank, Veka and Leantricity.



comunicaciones papers

Metodologías de evaluación del confort térmico exterior para el diseño urbano

Outdoor thermal comfort evaluation methods for urban design

Juan A. Acero Alejandro¹, Sebastian Kuspki², Jon Arrizabalaga¹, Lutz Katzschner²

RESUMEN

Desde el punto de vista social, económico y climático, las áreas urbanas son sistemas complejos donde agentes multidisciplinares deberían trabajar en común. Las ciudades modifican el clima regional y desarrollan un clima urbano particular.

Debido a que las áreas urbanas están congregando la mayor parte de la población mundial, el clima urbano y el confort térmico se convierten en una problemática relevante, así como la búsqueda de soluciones para mejorar la situación. Es especialmente interesante proveer de información climática a urbanistas y arquitectos de una manera adecuada para que la puedan usar durante la planificación y diseño urbano. Por ello, surgen las siguientes preguntas: ¿Qué necesitan saber los urbanistas y arquitectos respecto del clima urbano? ¿Disponen de la información necesaria?

El trabajo presenta la necesidad de una aproximación multi-escalar para analizar el clima urbano y el confort térmico e incluirlo en el proceso de planificación urbana. En cada escala espacial, las metodologías de análisis del clima urbano son diferentes. En este trabajo, se presenta el caso de estudio de Bilbao (España).

Considerando el conjunto de la ciudad, se ha desarrollado un Mapa de Clima Urbano (MCU) para Bilbao con la finalidad de transmitir recomendaciones climáticas a urbanistas. La metodología empleada es sencilla y se basa en cálculos con herramientas SIG, mediciones climáticas específicas y conocimiento experto de clima urbano. Se proponen dos análisis en paralelo sobre: a) la carga térmica superficial basada en usos del suelo y b) el potencial dinámico asociado a patrones de ventilación. El MCU final presenta áreas con variables climáticas relativamente homogéneas clasificadas en términos de confort térmico. Posteriormente, toda la información climática se traduce a recomendaciones para planificación urbana. El MCU no representa una situación climática particular sino que incluye todos los aspectos relevantes del área urbana que se deberían tener en cuenta durante el proceso de planificación urbana. En el caso de Bilbao, el MCU cubre un dominio de 8.7x8.4 kilómetros con una resolución de 100 metros.

Sin embargo, el MCU no tiene utilidad a escala de calle (p. ej. 2-3 metros de resolución espacial) para lo cual son necesarios análisis adicionales sobre el confort térmico local. Se ha mapeado en detalle el microclima en 4 espacios urbanos para analizar la distribución espacial del confort térmico analizando las diferencias entre áreas.

El procedimiento y los requerimientos para implantar eficazmente criterios climáticos están condicionados por el propio proceso de planificación urbana. Es de especial importancia que urbanistas y climatólogos urbanos trabajen conjuntamente en la definición de las recomendaciones climáticas que deberían ser incluidas en las primeras fases de la planificación urbana cuando se establecen diferentes alternativas para el desarrollo urbano.

Palabras clave: clima urbano, confort térmico, planificación urbana, modelización, mediciones

Key words: urban climate, thermal comfort, urban planning, modelling, measurements

(1) Energy and Environment Division, Tecnalia, Donostia, Spain (2) Environmental Meteorology Department, University of Kassel, Kassel, Germany. E: juanangel.acero@tecnalia.com

Introducción

Las ciudades modifican el clima regional desarrollando un clima urbano particular que afecta el confort térmico en espacios públicos urbanos (exteriores). Las variables climáticas se modifican debido a una alteración en el balance de energía de la superficie terrestre y la dinámica de vientos (Oke, 1987) causada por la introducción de materiales artificiales y el incremento de la rugosidad superficial. Los efectos más significativos son dos: la alteración de los vientos y la turbulencia local, y el incremento de la temperatura comparado con el entorno rural, conocido como Isla de Calor Urbana (ICU). En este sentido el desarrollo urbano afecta al confort térmico, la calidad de vida y la salud de la ciudadanía. También tiene importantes costos económicos (p.ej. sistemas de refrigeración, servicios de salud...). Aunque estos problemas se han conocido desde hace tiempo, los aspectos económicos y el rápido desarrollo urbano han sido una prioridad que ha llevado a no considerar adecuadamente los aspectos climáticos. Hasta la última década los conocimientos de clima urbano apenas se han aplicado a la planificación urbana.

Se pueden aplicar actuaciones y soluciones de mejora tanto al conjunto de la ciudad (mesoescala) como a zonas específicas (microescala). Consecuentemente, el efecto mitigador no solo depende del tipo de actuación sino de su escala espacial. Las estrategias para incluir la parte climática en planificación deberían considerar cuatro aspectos: el albedo, la vegetación, el sombreado y la ventilación (Ren et al., 2010).

Hasta la fecha, los diseños arquitectónicos y los desarrollos urbanos se han focalizado en reducir el consumo de energía. Sin embargo, el clima urbano y el confort térmico también son aspectos importantes para alcanzar ciudades sostenibles. El consumo de energía y el clima urbano están relacionados y se tienen que considerar conjuntamente. En este contexto, el clima urbano todavía tiene que consolidarse como una variable importante en planificación urbana especialmente cuando el cambio climático estima un incremento de la temperatura del aire que podría empeorar el confort térmico dentro de áreas urbanas.

Desde una perspectiva de planificación urbana, el trabajo presenta metodologías para evaluar el clima urbano y confort térmico a diferentes escalas espaciales. Las metodologías se han aplicado a Bilbao (España). Se ha desarrollado un Mapa de Clima Urbano (MCU), es decir, una herramienta de información climática que incluye el conjunto del área urbana. También se presenta el análisis detallado del confort térmico en cuatro espacios públicos urbanos (exteriores). De esta forma se muestra la necesidad de una perspectiva multi-escalar para incluir los aspectos del clima urbano en la planificación.

Metodología

Aproximación espacial para la evaluación del clima urbano

Diseño bioclimático compacto para reducir la demanda de calefacción En un contexto de planificación urbana es importante definir las diferentes escalas espaciales en las que el clima urbano debería ser considerado. Estas son la urbana y la local, es decir, la mesoescala y la microescala (Fig. 1). Cada escala espacial de planificación urbana puede incluir actuaciones específicas que afecten el clima urbano y consecuentemente el confort térmico. La combinación de actuaciones a diferentes escalas debe ser coherente

Introduction

Cities modify the regional climate and develop a particular urban climate which affects thermal comfort in open urban spaces. Urban climate variables are modified due to an alteration in the surface energy balance and the air flow dynamics (Oke, 1987) caused by the introduction of artificial materials and the increase in surface roughness of urban areas. The two more significant effects are an alteration of local winds and turbulence, and an increase in temperature compared to rural surroundings (known as Urban Heat Island). In this sense, urban development affects thermal comfort, quality of life and health of urban population. It also has important economic costs (e.g. cooling systems, health services...). Despite these aspects have been known for a long time, economic issues and fast urbanization have been a priority and climatic effects have not been considered adequately. Until the last decade urban climate knowledge was scarcely applied in urban planning.

Actions or solutions to improve the situation can be applied at the whole urban area (mesoscale) or at specific local areas (microscale). Consequently, the mitigation effect does not only depend on the type of action but also on the spatial scale it covers. The planning strategies for the climate issue can be taken from four aspects: albedo, vegetation, shading and ventilation (Ren et al., 2010).

Lately, architecture designs and urban developments have focused on reducing energy consumption. However, urban climate and thermal comfort are also another important aspect to attain sustainable urban areas. Both energy consumption and urban climate are related and need to be considered simultaneously. In this context, still urban climate needs to be consolidated as an important variable for urban planning, especially when global climate change estimates an increase in air temperature that could worsen thermal comfort inside urban areas.

The work presents methodologies to evaluate urban climate and thermal comfort at different spatial scales in the context of urban planning. The methodologies are applied in Bilbao (Spain). An Urban Climate Map (i.e. a climate information tool from an urban planning perspective) is developed for the whole urban area, and detailed thermal comfort analysis in four open urban spaces is presented showing the necessity of multi-scale perspective to include the urban climate issue in the urban planning.

Methodology

Spatial approach for urban climate evaluation

In the context of urban planning, it is important to define different spatial scales at which urban climate should be considered. These are the urban and local scales, i.e. mesoscale and microscale (Fig. 1). Each urban planning spatial scale can include specific actions that can affect urban climate and thus thermal comfort. The combination of actions at different scales needs to be coherent to maximize climate benefits. It is important that microscale urban design follows urban climate recommendations made on the mesoscale. Similarly, it makes no sense that individual microscale actions are carried out without a general perspective of the whole urban climate (mesoscale).

On the mesoscale, the UC-Map includes climate information from an urban planning perspective that covers the whole urban area. At this scale, regional climate information is especially important to define the ventilation pattern in the urban area. In the case of Bilbao an 8.7 x 8.4 km. domain for

para maximizar los beneficios climáticos. Es importante que los diseños urbanos en la microescala sigan las recomendaciones realizadas en la mesoescala. Igualmente, no tiene sentido que se lleven a cabo actuaciones microescalares sin un análisis general del conjunto del clima urbano (mesoescala).

Posee alta compacidad: el edificio presenta un factor de En la mesoescala, el MCU incluye información climática para la planificación urbana del conjunto del área urbana. En esta escala de trabajo, conocer el clima regional es especialmente importante para definir los patrones de ventilación del área urbana. En el caso de Bilbao, el dominio del MCU es 8.7x8.4 km. con una resolución de 100 m.

Sin embargo, cuando se baja a escalas locales, el MCU no tiene utilidad. Para evaluar el clima a escalas de calle o barrio, es necesario un análisis microescalar. Frecuentemente, el mapeo climático microescalar se aborda de forma diferente al MCU. En este caso, el análisis espacial del confort térmico se resuelve frecuentemente con modelos computacionales de dinámica de fluidos que incluyen la interacción entre la atmósfera, la superficie terrestre y los elementos urbanos.

Tanto los MCUs como la modelización microescalar se deberían llevar a cabo con un conocimiento de climatología urbana para interpretar y validar la información mostrada

Mapa de Clima Urbano (MCU)

El método para desarrollar un MCU en el municipio de Bilbao se ha basado en los cálculos realizados con diferentes capas SIG, mediciones climáticas y conocimiento experto de clima urbano. Las capas SIG incluyen información de las variables físicas que afectan el clima urbano. La evaluación del clima urbano incluye dos fases simultáneas:

1_ análisis de la capacidad de almacenar calor en relación con las características de los usos del suelo

2_ evaluación de las propiedades de ventilación para considerar la capacidad de intercambiar masas de aire y remover el calor urbano

Toda la información y los datos necesarios se ha incluido en cinco capas SIG (Fig. 2): volumen edificado, fracción superficial edificada, áreas verdes, pasillos de ventilación y pendiente del terreno.

Las capas de volumen edificado, fracción superficial edificada, y pendiente del terreno se han calculado fácilmente con las características de los edificios

the UC-Map was defined with a 100 m. resolution.

However, when downscaling to local scales, the UC-Map is useless. To evaluate climate at scales from street to city quarter, microscale analysis is mandatory. Frequently, detailed microscale climate mapping has to be approached in a different way to UC-Map. In this case, thermal comfort spatial analysis is generally solved with complex computational fluid dynamic (CFD) models that include interactions between atmosphere, earth surface and all the urban elements.

Both UC-Maps and microscale climate modeling should be developed with urban climate background knowledge to interpret and validate the information provided.

Urban Climate Map (UC-Map)

The method to develop an UC-Map in the municipality of Bilbao was based on calculations made with different GIS layers, climate measurements and urban climate expert knowledge. The layers included information of the physical variables affecting the urban climate. Urban climate evaluation included two simultaneous phases:

3_ analysis of heat storage capacity in relation to land use characteristics

4_ evaluation of the ventilation properties to account for air exchange capacity and removal of urban heat

All the necessary data and information was included in five GIS layers (Fig. 2): Building volume, Building surface fraction, Green areas, Ventilation paths and Slopes.

Layers describing building volume, building surface fraction and slopes were easily calculated from building characteristics (location, area covered and height) and topography inclination. Green areas were classified in terms of cooling potential derived from the presence of green areas. Obviously, for natural areas green areas the highest category (high cooling potential) was assigned, while for urban areas the NDVI satellite index was used to derive a cooling potential classification. Finally, two types of ventilation paths were considered (i.e. background regional winds and cold air drainage winds). Since dynamic characteristics of these two types of air flow were different, a classification based on ventilation potential was derived for each ventilation path.

In this procedure, regional climate evaluation has been essential to consider ventilation properties of the urban area. Also, the calibration and validation of the UC-Map

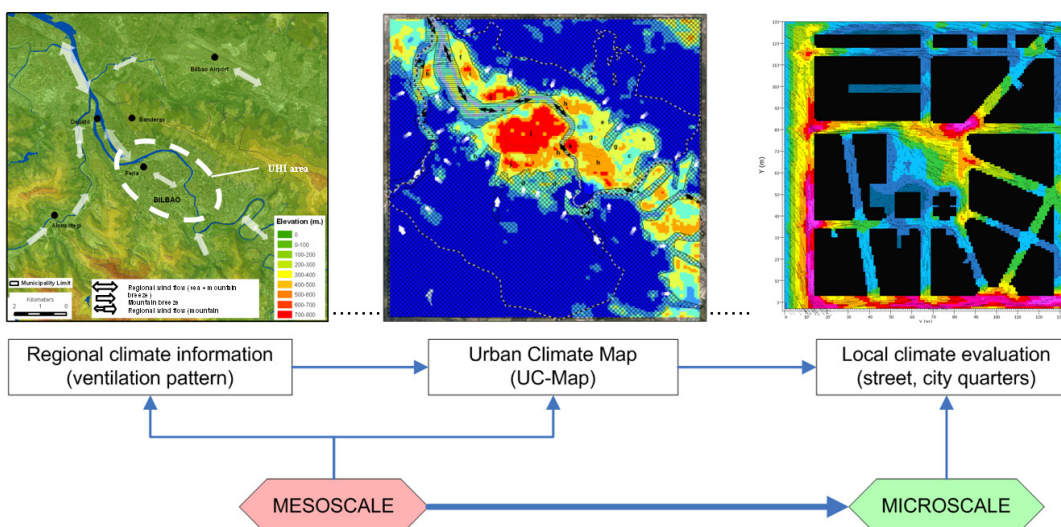
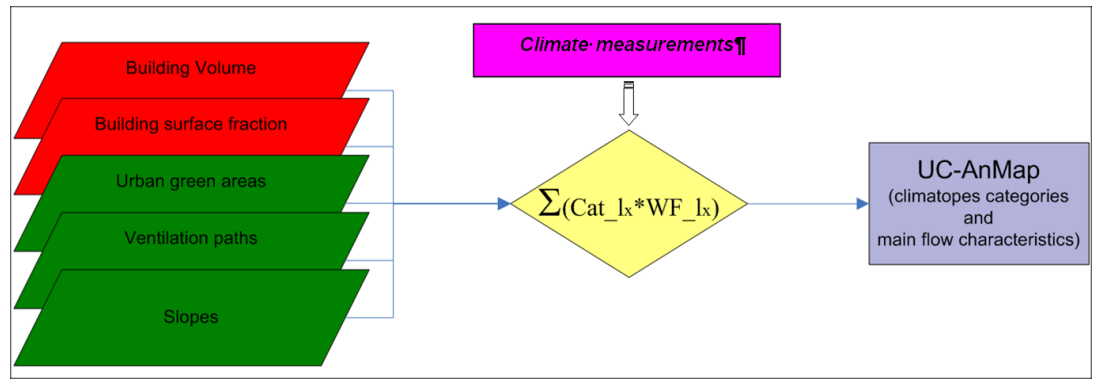


Fig. 1. Aproximación multi-escalar del clima urbano. Etapas para evaluar el clima desde la planificación urbana (Acero et al., 2013)

Multi-scale approach of urban climate. Steps to evaluate climate in an urban planning context (Acero et al., 2013)

Fig. 2. Combinación de capas SIG con los pesos basados en mediciones climáticas (Acero et al., 2013)

Combination of GIS layers with weighting factors based on measurements (Acero et al., 2013)



(localización, superficie cubierta y altura), y con información topográfica. Las áreas verdes se han clasificado en términos del potencial de enfriamiento en función de la presencia de áreas verdes. Evidentemente, a las áreas verdes naturales se les ha asignado la mayor categoría (alto potencial de enfriamiento), mientras en las áreas urbanas se ha usado el índice satelital NDVI para derivar una clasificación del potencial de enfriamiento. Así mismo se han considerado dos tipos de pasillos de ventilación (para vientos regionales y para vientos fríos de derrame). Debido a que las características dinámicas de estos dos tipos de flujos de aire son diferentes, cada pasillo de ventilación se ha clasificado según su potencial de ventilación.

En este proceso la evaluación del clima regional ha sido esencial para considerar las propiedades de ventilación del área urbana. Así mismo, la calibración y validación del MCU se ha llevado a cabo a través de mediciones climáticas (Fig. 2). Consecuentemente, en esta fase ha sido imprescindible conocimientos sobre climatología urbana (Acero et al., 2013).

Modelización microescalar del confort térmico

Se han seleccionado 4 áreas dentro de Bilbao con diferente clima local. Su ubicación se puede ver en la Fig. 3. RiberaDeusto está ubicada en una zona abierta junto al río (es decir, el pasillo de ventilación más importante que divide la ciudad) con edificios de altura media-alta; Miribilla presenta edificios altos junto a un boulevard y está localizada en uno de los puntos más elevados de la ciudad; CascoViejo es un área con un desarrollo urbano muy compacto y edificios de altura media-baja; y Indautxu es una zona compacta con edificios de altura media en el centro de la ciudad.

Se han modelizado las variables climáticas y los niveles de confort térmico en las cuatro áreas durante tres días (del 6 al 8 de Agosto 2010) con situación meteorológica típica del verano (es decir, influencia de brisas de mar) desde la salida del sol hasta el anochecer cubriendo todas las horas de luz solar. Las simulaciones se realizaron con la última versión del modelo microescalar ENVI-met: Preview Version 4 (Bruce, 2013). Este es un modelo tridimensional no-hidrostático desarrollado para calcular y simular variables climáticas en áreas urbanas con una resolución típica de 0.5 a 10 metros. El modelo considera un balance radiativo completo (es decir, radiación solar directa, reflejada y difusa, así como radiación de onda larga). El modelo usa leyes fundamentales de dinámica de fluidos y termodinámica. El software ENVI-met calcula el estado de la atmósfera combinado la influencia de edificios, vegetación, las características superficiales, tipo de suelos y las condiciones climática de contorno (Bruse y Flerer, 1998).

has been performed by means of climate measurements (Fig. 2). Consequently, at this stage, urban climate expert knowledge turned out to be essential (Acero et al., 2013).

Microscale thermal comfort modelling

Four urban areas (Table 2) with different local climate were selected inside Bilbao. Their location can be seen on Fig. 3. Ribera is located in an open area beside the river waterway (i.e. the most important ventilation path that crosses through the middle of the urban area) with medium-high height buildings in one side; Miribilla presents high buildings in a wide avenue and is located in one of the most elevated areas of the city; CascoViejo is a very dense urban development area with low-medium buildings; and Indautxu is a compact area with medium height buildings in the city centre.

Climatic variables and thermal comfort levels in the four areas were modelled during three days (6th to 8th August 2010) with typical summertime weather (i.e. influence of sea breeze) from sunrise to sunset covering all the sunlight hours. Simulations were performed with the latest version ENVI-met microscale model: Preview Version 4 (Bruce, 2013). This is a three-dimensional non-hydrostatic model developed to calculate and simulate climate variables in urban areas with a typical grid resolution of 0.5 to 10 meters. The model considers a complete radiation budget (i.e. direct, reflected and diffused solar radiation and longwave radiation). The model uses laws of fluid dynamics and thermodynamics. The ENVI-met software calculates the state of the atmosphere by combining the influence of buildings, vegetation, surfaces characteristics, soils and climatic contour conditions (Bruse and Flerer, 1998).

The background air flow characteristics that forced the

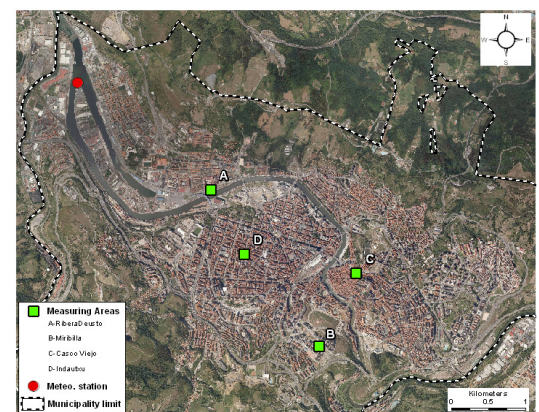


Fig. 3. Localización de las áreas objeto de modelización microescalar en Bilbao.

Location of the microscale modelled areas in Bilbao.

Parámetros del modelo	Area			
	Ribera	Miribilla	CascoViejo	Indautxu
Número de celdas (x,y,z)	167, 104, 30	167, 146, 30	109, 101, 26	167, 167, 30
Tamaño de celdas (metros) (x,y,z)	2, 2, aumentando con altura	2, 2, aumentando con altura	1.5, 1.5, 2	2, 2, aumentando con altura

PET (°C)	Percepción térmica	Nivel de estrés
< 4	Muy frío	Estrés extremo por frío
4-8	Frío	Estrés alto por frío
8-13	Fresco	Estrés moderado por frío
13-18	Ligeramente fresco	Ligero estrés por frío
18-23	Neutro/Confortable	Sin estrés térmico
23-29	Ligeramente cálido	Ligero estrés por calor
29-35	Cálido	Estrés moderado por calor
35-41	Caluroso	Estrés alto por calor
>41	Muy caluroso	Estrés extremo por calor

Tabla 1. Descripción de las dimensiones del modelo para cada área

Description of the model dimensions of each area

Tabla 2. Rangos de valores del índice PET para percepción térmica y nivel de estrés psicosocial (Matzarakis y Mayer, 1996)

Range of PET index values for thermal perception and level of physiological stress (Matzarakis and Mayer 1996)

Las características del flujo de aire que fuerza el modelo se han tomado de la estación meteorológica de Deusto. Se ha guardado la información climática resultante cada hora.

Las características del dominio modelizado en cada área se presentan en la Tabla 1.

Para evaluar el confort térmico (Tabla 2) por medio del índice PET, se requiere información de las condiciones de temperatura y humedad del aire así como datos de radiación y viento (es decir, temperatura media radiante e intensidad de viento). Adicionalmente, se necesita saber la actividad metabólica desarrollada y otros parámetros personales (p.ej. edad, sexo, vestimenta, peso y altura). En este estudio, el índice PET se ha calculado con datos estándares, es decir, edad, 35 años; altura: 1.75 m.; actividad metabólica: 80w/m²; vestimenta: 0.9; peso: 75 kg.; sexo: masculino.

Resultados

MCU de Bilbao

El MCU consiste principalmente de dos mapas. El Mapa de Análisis del Clima Urbano (MCU-An) y el Mapa de Recomendaciones de Clima Urbano (MCU-Re). El MCU-An incluye información climática describiendo los efectos de la ICU y los patrones de ventilación. Define y evalúa áreas con características climáticas específicas que tienen un impacto similar en el confort térmico y que se conocen como 'climatopos'. El MCU-Re incluye instrucciones de planificación urbana para mejorar o proteger el clima en diferentes áreas de la ciudad.

La Fig. 4 muestra el MCU-An de Bilbao incluyendo todos los aspectos climáticos relevantes para la planificación urbana. Muestra hasta siete climatopos basados en el impacto en confort térmico (desde áreas de producción de aire frío hasta áreas con elevado sobrecalentamiento). En el MCU-An también se ha incluido información gráfica del flujo de viento en el entorno. Tanto la carga térmica como los aspectos de ventilación son aspectos relevantes en la planificación urbana y la ayuda a la toma de decisión en el contexto de mitigación de la ICU.

El MCU-An muestra la importancia de los pasillos de ventilación en el clima urbano de Bilbao. Por un lado, el pasillo de ventilación a lo largo de la Ría que cruza la ciudad consigue introducir aire limpio y frío. Por otro lado, la acumulación de aire frío (brisas de montaña) y los vientos de ladera inducidos térmicamente consiguen reducir la carga térmica por la noche. Es necesario preservar estos sistemas de aire frío y limpio con la finalidad de mitigar la ICU. Adicionalmente se podrían llevar a cabo actuaciones estratégicas en áreas próximas que permitieran una mayor influencia/penetración de estos pasillos de ventilación en el área urbana.

model where taken from Deusto station. Output climate values were recorded every hour.

Characteristics of the model domain in each area are presented on Table 1.

To assess thermal comfort (Table 3) by means of the PET index, air temperature and relative humidity conditions together with radiation and wind data (i.e. mean radiant temperature and wind speed) are required. Additionally, the human metabolic heat rate and other personal parameters need to be considered (e.g. age, gender, clothing, weight and height). For this study, PET index was calculated with standardized data (i.e. age: 35 years, height: 1.75; metabolic rate: 80w/m²; clothing: 0.9; weight: 75 kg; sex: man).

Results

Bilbao UC-Map

The UC-Map mainly consists of two maps. One is the Urban Climate Analysis Map (UC-AnMap) and the other is the Urban Climate Recommendation Map (UC-ReMap). The UC-AnMap includes climate information describing UHI effects and ventilation patterns. It defines and evaluates areas with specific climate characteristics that have similar impact on thermal comfort. These are known as climatopos. The UC-ReMap includes urban planning instructions to improve or protect climate in different areas of the city.

Fig. 4 shows Bilbao UC-AnMap including all the relevant climate aspects for urban planning. It shows up to seven categories of climatopos based on thermal comfort impact (from cold air production areas to high heated areas). Also graphical information of wind flow in the region was included in the UC-AnMap. Both thermal load and ventilation aspects are relevant for planning purpose and decision making in the context of mitigating the UHI.

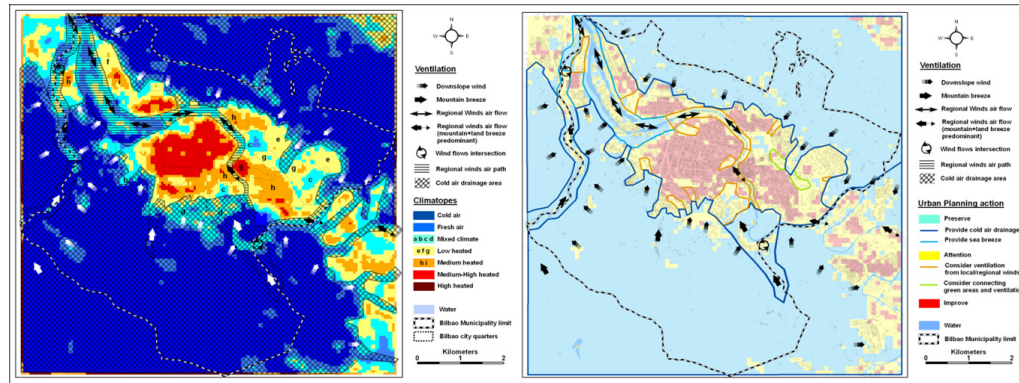
UC-AnMap shows the importance of ventilation paths in Bilbao urban climate. On one hand, the ventilation path along the river that crosses the urban area manages to introduce cold and fresh air. On the other hand, intense cold air accumulation (mountain breezes) and thermal induced downslope winds manage to reduce heat load during night-time. These cold/fresh air systems need to be preserve with the aim of mitigating the UHI. Additionally, strategic actions could be taken in the nearby areas to allow a wider influence of ventilation paths.

For planning purpose three urban climate sensitivity zones were defined in the UC-ReMap (Fig. 4):

- 1_ Areas to preserve: cold and fresh areas with good ventilation,
- 2_ Areas to attend climate: low thermal load areas where

Fig. 4. MCU de Bilbao: Mapa de Análisis climático y de recomendaciones (Acero et al., 2013)

Bilbao UC-Map: The Analysis Map and the Recommendation Map (Acero et al., 2013)



Con un enfoque de planificación urbana se han definido en el MCU-Re tres zonas de sensibilidad climática (Fig. 4):

- 1_ Áreas a preservar: áreas que proveen aire frío y limpio con buena ventilación,
- 2_ Áreas de atención climática: áreas con baja carga térmica donde los efectos de nuevos desarrollos deberían evaluarse,
- 3_ Áreas de mejora: áreas donde es necesario reducir la carga de calor urbano. Se deberían considerar actuaciones específicas de enfriamiento junto con una mejora de la ventilación.

Las actuaciones y recomendaciones en planificación urbana se han centrado en controlar los siguientes parámetros: volumen edificado, fracción superficial edificada, alturas de edificios, localización y orientación de edificios y calles, áreas verdes y pasillos de ventilación.

Percepción de confort térmico en diferentes espacios públicos urbanos

El análisis de la distribución espacial del confort térmico se ha realizado a la hora de máxima radiación solar (es decir, 12:00 UTC). En cualquier caso, durante las primeras horas de la tarde los resultados obtenidos son similares (es decir, entre 11:00 y 16:00 UTC). Los resultados de la modelización muestran que los niveles de confort térmico (Índice PET) (Fig. 5, 6, and 7) están condicionados por la localización de cada área dentro del conjunto de la ciudad y sus características específicas de desarrollo urbano. Como era de esperar, los valores de PET más altos ocurren en sitios expuestos a radiación solar directa. A las 12:00 UTC se alcanza el nivel de 'muy caluroso' (PET > 41°C) (Matzarakis y Mayer, 1996) especialmente en el Casco Viejo el 7 de Agosto. Sin embargo, en el mismo momento en Indautxu son frecuentes subzonas de percepción 'caluroso' (35°<PET<41°) y 'cálido' (29°<PET<35°) debido a una mayor intensidad de viento en dichas zonas de la plaza. Por otro lado, lugares bajo la influencia de sombra solo alcanzan el nivel de 'ligeramente cálido' (23°<PET<29°), igual que el día cubierto (8 de Agosto) en Casco Viejo. Este día (Fig. 7) la mayor parte de Miribilla estaba en el nivel de 'neutro/comfortable' (18°<PET<23°). La distribución espacial del confort térmico en Ribera no está influenciado tanto por la localización de los edificios ni la influencia de la intensidad de viento sino por la presencia de grandes árboles que proveen sombra y consecuentemente consiguen reducir los niveles de confort térmico de 'caluroso' a 'ligeramente cálido' (Fig. 5).

Integración en el proceso de planificación urbana

Las recomendaciones de clima urbano y confort térmico tiene que presentarse de una forma clara y sencilla para que los urbanistas entiendan fácilmente los aspectos/

the effects of new developments should be evaluated,

- 3_ Areas to improve: areas where relief of urban heat load is needed. Specific cooling actions should be considered together with an improvement in ventilation.

Actions and recommendations in urban planning were focused in controlling the following parameters: Building volume, Building surface fraction, Building heights, Building location and orientation, Green areas, Ventilation paths.

Thermal comfort perception in different open urban spaces

The spatial distribution analysis of thermal comfort levels was performed at the maximum solar radiation hour (i.e. 12.00 UTC). However, similar results were obtained during the first hours of the afternoon (i.e. 11:00 to 16:00 UTC). The results of the modelling show that thermal comfort levels (i.e. PET values) (Fig. 5, 6, and 7) are conditioned by the location of each area inside the whole urban area and their specific urban development characteristics. As expected, highest PET values occur in sites exposed directly to sun radiation. At 12:00 UTC thermal comfort can reach the 'very hot' level (PET > 41°C) (Matzarakis and Mayer 1996) especially in Casco Viejo on 7th August. However, at the same time in Indautxu the 'warm' (29°<PET<35°) and 'hot' (35°<PET<41°) perception levels are also frequent in relation with a higher wind speed in certain parts of the square. On the other hand, sites under shadow influence only reaches the 'slightly warm' level (23°<PET<29°), similar to the overcast day (i.e 8th August) in Casco Viejo. This day (Fig. 7) most of the area of Miribilla is in the level of 'neutral/comfortable' (18°<PET<23°). Ribera thermal comfort spatial distribution is not only influenced by the location of buildings and the influence of wind speed but also because of the presence of big dense trees that provide shadow and consequently manage to reduce thermal comfort from the 'hot' to the 'slightly warm' level (Fig. 5).

Integration in urban planning process

Recommendations for urban climate and thermal comfort have to be presented in an easy and clear way for urban planners to understand climate variables. In principle, the UC-Map should be defined before new urban planning starts and local design should be done in collaboration between urban planners and climatologists. This way thermal comfort criteria can be efficiently included in the urban planning process.

In the Basque Country, most of the specific climate considerations included in the UC-Map should be input during the definition of Urban Plans managed directly by municipalities (Fig. 8).

The Strategic Environmental Assessment (SEA) report for Urban Plans has to evaluate the preliminary planning where

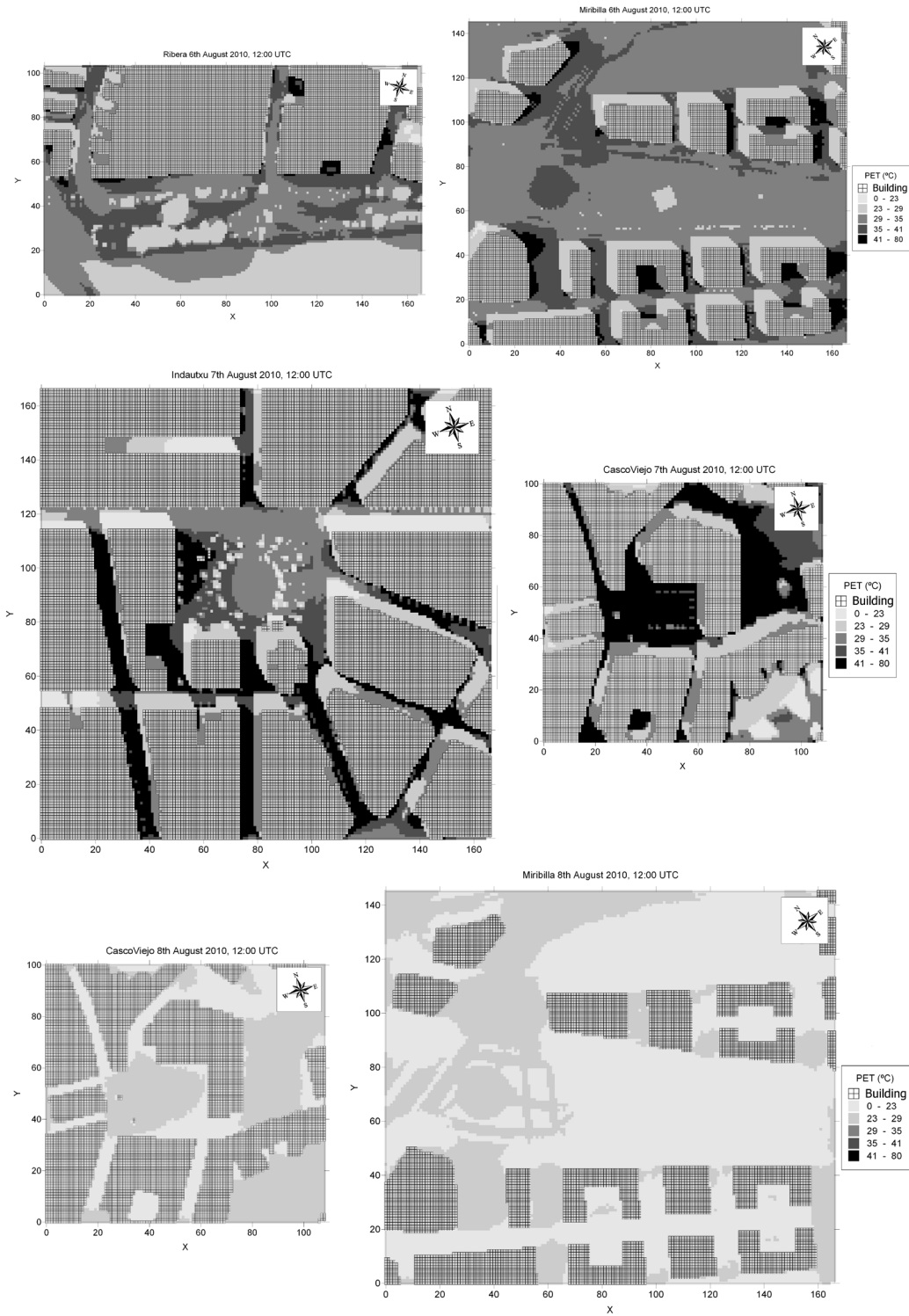


Fig. 5. Valores de PET (i.e. niveles de confort térmico) en Ribera y Miribilla el 6 de Agosto 2010 (día parcialmente cubierto)

PET values (i.e. thermal comfort levels) in Ribera and Miribilla on 6th August 2010 (a partly covered sky day)

Fig. 6. Valores de PET (i.e. niveles de confort térmico) en Indautxu y CascoViejo el 7 de Agosto 2010 (día despejado)

PET values (i.e. thermal comfort levels) in Indautxu and CascoViejo on 7th August 2010 (a clear sky day)

Fig. 7. Valores de PET (i.e. niveles de confort térmico) en CascoViejo y Miribilla el 8 de Agosto 2010 (día cubierto)

PET values (i.e. thermal comfort levels) in Miribilla and CascoViejo on 8th August 2010 (an overcast day)

condicionantes climáticos. En principio el MCU-An se debe definir antes de comenzar la planificación urbana y el diseño local debe ser realizado en colaboración por urbanistas/arquitectos y climatólogos. De esta manera los criterios de confort térmico serán incluidos de forma eficiente en el proceso de planificación/diseño urbano.

En el País Vasco, la mayor parte de las consideraciones climáticas incluidas en los MCUs se deberían tener en cuenta en la definición de los Planes de Ordenación Urbana gestionados directamente por los municipios (Fig. 8).

La Evaluación Ambiental Estratégica de Planes de Ordenación Urbana tiene que evaluar propuestas de planificación preliminares donde los criterios, objetivos, alternativas y diferentes aspectos generales están

criteria, objectives, alternatives and general proposals are defined. However, if the proposed alternatives have not considered climate aspects, urban planning might be leaving aside the UC-Map recommendations. So it makes senses that climate aspects should be included during the first stages of the definition of Urban Plans when the alternatives are being proposed.

An important aspect included in Basque Urban Law 2/2006 is the possibility to develop specific studies previously to the planning. Their conclusions or recommendations can be included in the Urban Plans. Climate aspects and the UC-Map should be considered at this stage, i.e. before urban planning starts.

Fig. 8. Inclusión del MCU en el proceso de definición y aprobación de los Planes de Ordenación Urbana (Acero, 2012)

Inclusion of the UC-Map in the definition and approval procedure of the Urban Plans (Acero, 2012)

definidos. Sin embargo, si estas alternativas propuestas no consideran aspectos climáticos, la planificación urbana puede estar dejando de lado las recomendaciones del MCU-Re. Por lo tanto tiene sentido que los aspectos climáticos se tengan en cuenta durante las primeras fases de la planificación cuando se proponen las diferentes alternativas.

Un aspecto importante en la Ley 2/2006 de Suelo y Urbanismo de la CAPV es la posibilidad de desarrollar estudios específicos anteriores a la planificación urbana. Las conclusiones o recomendaciones se pueden incluir en los Planes de Ordenación Urbana. Los aspectos climáticos y el MCU deberían desarrollarse en esta fase, es decir, antes de que la planificación urbana comience.

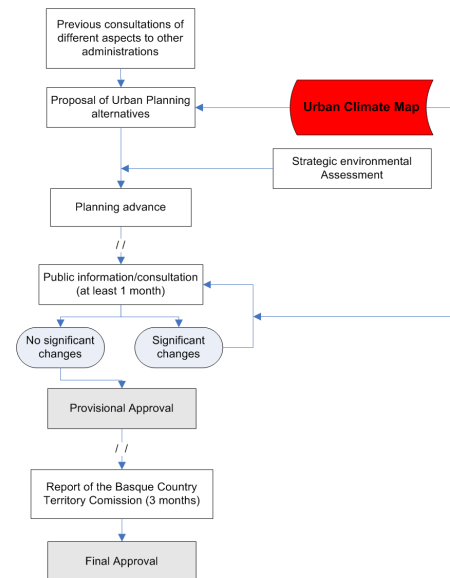
Conclusiones

Disponer de información climática y de confort térmico es una necesidad al igual que desarrollar herramientas para mejorar la planificación urbana (p. ej. MCU). La información climática se tiene que traducir a recomendaciones de planificación en colaboración con urbanistas. Esto garantiza la inclusión de aspectos climáticos específicos (presencia de vegetación, altura de edificios, pasillos de ventilación...) en la planificación urbana. Las recomendaciones no se tienen que focalizar en una situación climática concreta sino que deben incluir todos los aspectos climáticos relevantes del área urbana que tienen que tenerse en cuenta en el proceso de planificación.

El MCU se considera el mapa de referencia para incluir aspectos climáticos a escala urbana. Consecuentemente, los aspectos más locales no se incluyen y deberían considerarse a nivel microescalar. Estos tienen un efecto muy importante en el confort térmico local (p.ej. localización de elementos de sombreado, vegetación). Adicionalmente, se debería considerar que muchas actuaciones para mejorar el clima urbano tienen que ser resueltas/implementadas en la escala local (p.ej. orientación de calles para mejorar la ventilación). Por ello, la inclusión de los aspectos climáticos en la planificación urbana se tiene que considerar desde un punto de vista multi-escalar. Sin embargo, tal y como se ha presentado en esta comunicación cada escala espacial tiene diferentes metodologías de evaluación del clima urbano.

Conclusions

Providing climate and thermal comfort information together with development of tools for urban planning (e.g. UC-Map) is a necessity. The climate information has to be translated to urban planning recommendations in collaboration with urban planners. This guarantees the inclusion of specific urban climate aspects (presence of



vegetation, building height, ventilation paths...) in the urban planning. The recommendations do not have to focus just on a certain climate situation; they should include all the relevant climate aspects of the urban area that should be taken into account in the urban planning process.

The UC-Map is considered as the reference map to include climate issues at the urban scale. Consequently, local aspects are not included and should be considered at the microscale level. These have an important effect on local thermal comfort (e.g. location shadowing elements, vegetation). Additionally, it should be considered that many actions to improve urban climate have to be dealt at the local scale (e.g. orientation of streets to improve ventilation). Therefore, the inclusion of climate aspects in urban planning has to be considered from a multi-scale point of view. However, each spatial scale has different evaluation methodologies as presented in this paper.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

Acero JA (2012) Urban climate modelling. Development of climate evaluation methods for urban planning purposes. PhD dissertation thesis, University of Kassel. ISBN: 978-84-88734-09-9

Acero JA, Arrizabalaga J, Kupski S, Katschner L (2013a) Deriving an Urban Climate Map in coastal areas with complex terrain in the Basque Country (Spain). *Urban Climate* 4:35-60. doi: 10.1016/j.uclim.2013.02.002

Bruce M (2013) ENVI-met 4 Developer Preview. <http://www.envi-met.info/hg2e/doku.php?id=files:downloadv4>. Accessed November 2013

Bruse M, Fleer H (1998) Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environ Modell and Softw* 13:373-384

Oke TR (1987) *Boundary Layer Climates*. Routledge. New York

Ren C, Ng E, Katschner L. (2010) Urban climatic map studies: a review. *International journal of Climatology* DOI: 10.1002/joc.2237

Matzarakis A, Mayer H (1996) Another kind of environmental stress: thermal stress. *Newsletter of WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control* 18:7-10

Validación experimental del cálculo CFD de ventilación natural del mall de un centro comercial en Mosquera, Colombia

Experimental validation of the CFD calculation of the natural ventilation system of shopping mall in Mosquera, Colombia

Agustín Adarve Gómez¹, Francisco José Lara²

ABSTRACT

La ventilación natural es un sistema de ahorro energético aplicable en zonas y países que disponen de una climatología con temperaturas exteriores suaves o moderadamente cálidas. En aquellos edificios con elevadas cargas térmicas interiores, se introduce de forma controlada el aire exterior con el doble objetivo de controlar la calidad de aire y de proporcionar confort a los ocupantes mientras el consumo energético es nulo.

La efectividad del sistema radica en un adecuado diseño de los elementos de entrada/salida de aire (rejas, lucernarios, etc). En edificios complejos, es necesaria una modelización a través de software termofluidodinámico.

En la presentación se detallará el procedimiento empleado para el estudio de la ventilación natural del Mall del Centro Comercial "Ecoplaza" de nueva construcción en la localidad de Mosquera, Colombia, muy cerca de su capital Bogotá, a través de técnicas de Dinámica Computacional de Fluidos (CFD). El edificio es un inmueble de carácter comercial ubicado en el centro del municipio de Mosquera. Con 70.000 metros cuadrados aproximados de construcción.

Dicho estudio fue realizado para alcanzar la categoría LEED Core & Shell. El procedimiento explicará los inconvenientes de este tipo de técnica relativos al acoplamiento del modelo térmico y de movimiento de aire (CFD) así la metodología llevada a cabo para solventar dicho inconveniente.

Finalmente se presentarán los resultados experimentales obtenidos de lecturas tomadas a través de termopares en el edificio real y su comparación con los obtenidos del estudio termofluidodinámico. Se comprobará la idoneidad de la metodología empleada.

Palabras clave: CFD, Ventilación Natural, Validación Experimental, Arquitectura bioclimática.

Key words: CFD, Natural Ventilation, Experimental validation, Arquitectura bioclimática.



Desarrollo del trabajo

La ventilación natural es un sistema de ahorro energético aplicable en zonas y países que disponen de una climatología con temperaturas exteriores suaves. En aquellos edificios con elevadas cargas térmicas interiores, se introduce de forma controlada el aire exterior con el doble objetivo de controlar la calidad de aire y de proporcionar confort a los ocupantes mientras el consumo energético es nulo.

La efectividad del sistema radica en un adecuado diseño de los elementos de entrada/salida de aire (rejas, lucernarios, etc). En edificios complejos, es necesaria una modelización a través de software termofluidodinámico CFD.

El presente trabajo explica el procedimiento empleado para el estudio de la ventilación natural del Mall del Centro Comercial "Ecoplaza" de nueva construcción en la localidad de Mosquera, Colombia, muy cerca de su capital Bogotá, a través de técnicas de Dinámica Computacional de Fluidos (CFD).

El estudio se realiza con el objetivo de alcanzar la certificación del edificio LEED Core & Shell del USGBC (United States Green Building Council) que es uno de los estándares de sostenibilidad en edificios más reconocidos a nivel mundial.

Este centro comercial (Figura 1) abarca un área aproximada

Scope of the work

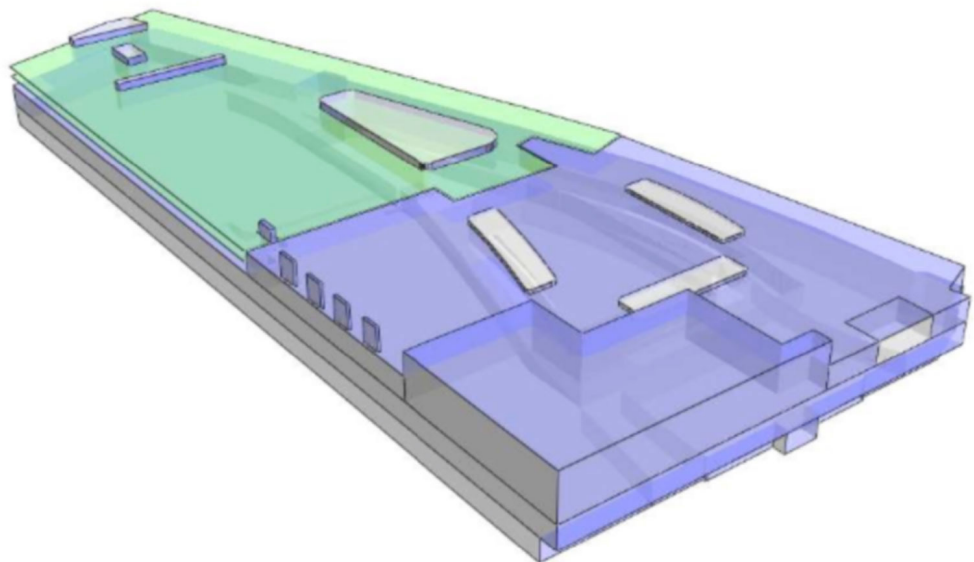
Natural ventilation is an energy saving system applicable in areas and countries that have a climate with mild or moderate warm temperatures. In those buildings with high internal heat loads, is introduced in a controlled way the external air with two objectives: controlling air quality and provide comfort to occupants while energy consumption is nil.

The effectiveness of the system is based in the design of appropriate inlet and outlet devices (louvers, skylights etc). Into complex buildings which is the case, is essential a simulation through the CFD software.

This paper explains the procedures that has been applied to the natural ventilation design for the commercial mall "Ecoplaza", a new construction located at Mosquera town Colombia, very close to the country capital Bogotá. This, through the technique of the Computational flow dynamics (CFD).

The study (bases of design- BOD) has been developed in order to meet the LEED certification Core & Shell of the USGBC (United States Green Building Council) , which is one of the more recognized sustainability standards for buildings around the world..

Fig. 1. Representación tridimensional del Centro Comercial.
Tridimensional model of the Commercial Center.



de 75.000 m² en un edificio de cinco plantas, dos de las cuales comprende comercio y plaza de comidas (zona de restauración). Las tres plantas superiores están destinadas a aparcamiento. El diseño se basa en el desarrollo de zonas de circulación interconectadas entre sí en sentido horizontal por medio de plazas y puntos de escaleras. Verticalmente los espacios se relacionan por medio de vacíos entra cada planta del edificio

Diseño bioclimático

El edificio es ventilado 100% de forma natural en sus áreas de circulación (mall comercial), plaza de comidas y aparcamientos. El diseño se basa en los siguientes criterios: 1. Asegurar una ventilación permanente cumpliendo todos los estándares y requisitos previstos por la certificación LEED, 2. Lograr una calidad ambiental y de iluminación natural que facilite de manera agradable la estancia de los usuarios, 3. Generar un hito urbano que minimice las emisiones a la atmósfera, maximice el ahorro de energía y garantice el confort bajo los principios de la sostenibilidad.

Estrategias bioclimáticas

Las estrategias bioclimáticas implementadas se basan en la generación de flujos de aire mediante el efecto de termosifón, aprovechando los vacíos generados en las plazas y zonas de circulación. La inyección de aire es 100% tomada del exterior a través de rejillas ubicadas en las puertas de acceso y aislamientos.

La extracción de calor se logra mediante lucernarios y torres termoestáticas que van directamente a la cubierta, lo cual aprovecha la mayor diferencia de alturas y calor en cubiertas traslúcidas para lograr el suficiente gradiente térmico, y diferencial de presiones, lo cual garantiza el flujo de aire sin necesidad de contar con el aporte de vientos exteriores.

Dada la alta complejidad y magnitud del proyecto fue necesario adelantar el proceso de simulación termodinámica CFD y multizona, lo cual es exigencia para cumplir los prerrequisitos y créditos definidos por LEED.

Proceso de simulación

El proceso de simulación se ha llevado a cabo mediante herramientas informáticas, software de simulación. El software CFD para cálculo de la dinámica de fluidos requiere unas condiciones de contorno adecuadas. Para ello, se ha realizado una simulación previa de las condiciones térmicas mediante el software IESVE-Pro v2013. Dado que el edificio no dispone de sistema de climatización, el software calculará la evolución térmica libre de temperaturas.

Para integrar los sistemas de ventilación natural en el cálculo de temperaturas, se ha realizado un modelo multizona mediante el software CONTAM (Figura 2). El modelo multizona permite calcular los caudales de aire a través del edificio cuando se establecen unas temperaturas de contorno en cada una de las zonas. Las temperaturas obtenidas en el modelo térmico son introducidas en el modelo multizona así como las características de las aperturas (rejillas de entrada, rendijas, etc) y las presiones de viento si las hubiere. En la Figura 2. se indica una salida del programa en la cual se observa el flujo de aire en el edificio así como las pérdidas de carga.

Para la obtención del crédito LEED IEQ c2. Increased

This commercial mall (Figure1) has a built area of approximated 75.000 m², developed in five levels, two of them include shopping areas and food court. On the three superior levels there are located the parking lots. The architectural layout is based in the design of circulation corridors linked between them, in an horizontal way by courtyards and escalator units. In a vertical way, the spaces are linked through atria spaces between each building level.

Bioclimatic design

The building is 100% naturally ventilated, and it includes the common circulation malls, food court and parking areas.

Design main criterion: 1. To assure permanent ventilation in compliance with all standards and requirements as defined by the LEED 2009 NC certification guideline. 2. To ensure good air quality and natural daylight, in order to promote the best user behavior in shopping activity. 3. To generate an exemplary foot print at urban scale, to reduce carbon emissions, the maximization of energy saving and the guarantee of internal thermal comfort according to the main principles of sustainability.

Bioclimatic strategies

The bioclimatic strategies are based in the generation of internal air flows due to the stack effect driven by density differences, produced by the buoyancy into the atrium spaces interlocking all levels, main plazas and corridors.. The introduction of 100% external air is provided by inlets with louvers and doors placed at the entrances level 1 and openings placed at the doors connecting the food court with the external courtyard an the 2nd level.

The heat and air removal is exhausted by the improvement of ventilated skylights and chimneys located at the top of the roof over the atrium spaces. Due to the great height difference between inlets and outlets (including the three parking levels), the thermal stratification and the sun heated polycarbonate roof, ensures the minimum pressure and temperature differences to guarantee permanent ventilation rates and heat dissipation. This takes into account that ventilation due to the external wind is not enough (wind speed near 0 m/sec) to move internal airflow.

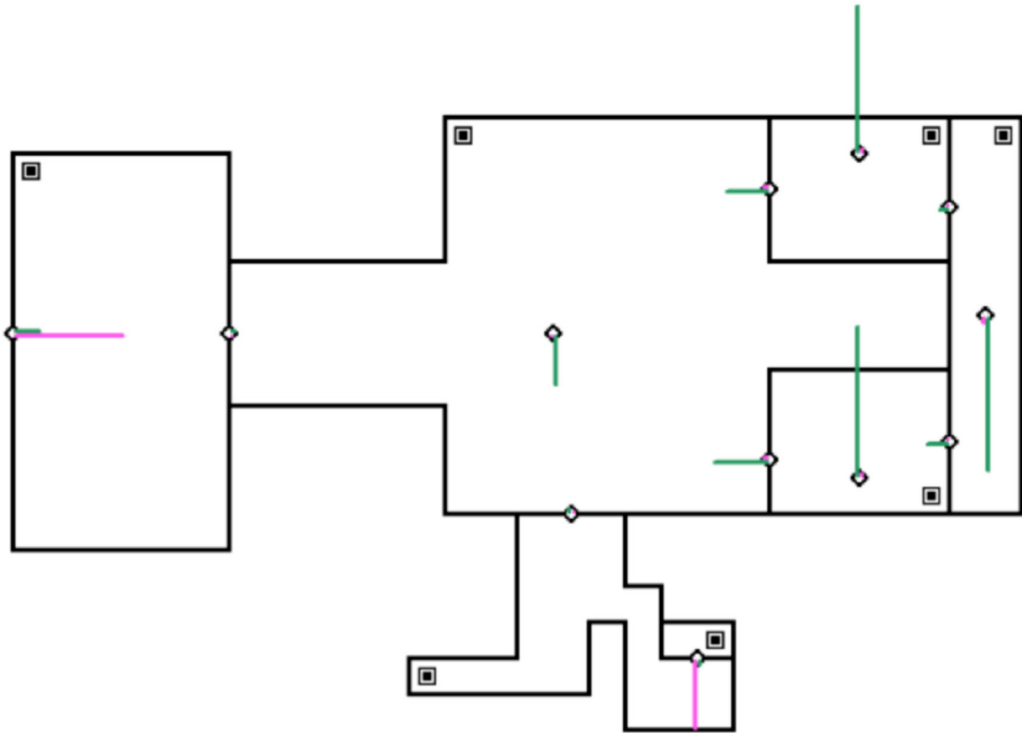
Taking into account the complexity of the different spaces, internal geometry and size of the project, it was necessary to develop the CDF / multizone simulation process to predict the effects of buoyancy, stratification and air movement as well the air rate changes. Indeed, this engineer procedure must be adopted to comply with IAQ LEED the prerequisites and credits (IAQ c2 increased ventilation)..

Simulation process

The simulation process has been run using different but integrated computational tools and software. The CFD software for flow dynamic calculation requires adequate boundary conditions. For this, it was started a previous simulation to predict the building thermal conditions, using the IESVE-Pro v2013 software. Taking into account that is not installed a cooling HVAC system, the proposed software calculates the thermal evolution based on "free temperatures".

Fig. 2. Modelo multizona del edificio.

Multizone model CC Ecoplaza.



Ventilation, no ha de considerarse el efecto de presiones de viento sobre las fachadas. Todo el movimiento de aire debe ser producido por efectos térmicos (convección natural) debido a diferencias de temperaturas del aire.

Los caudales obtenidos en el modelo multizona causan un cambio de temperatura en el modelo térmico. Estos cambios han de ser reintroducidos en el modelo térmico para recalcular las nuevas temperaturas obtenidas.

El proceso descrito anteriormente se repite de manera iterativa hasta alcanzar unas temperaturas (modelo térmico) que correspondan con unos caudales de aire (modelo multizona). Esto nos permitirá obtener una distribución de temperaturas estable con los caudales movidos por el edificio.

Una vez obtenida una correlación entre caudales del modelo multizona y temperaturas en el modelo térmico ya podría justificarse el crédito LEED. No obstante, se realiza una simulación CFD para comprobación detallada del movimiento de aire en el interior del edificio y validación de los resultados anteriores. El proceso de cálculo del modelo termofluidodinámico es el siguiente: 1. Entrada geométrica del edificio de forma tridimensional, 2. Mallado (Figura 3), 3. Establecimiento de las condiciones de contorno, 4. Cálculo, 5. Postprocesado de los resultados (Figura 4)

Resultados

El proceso de diseño y validación es iterativo, y comprendió varias etapas:

1. Elaboración de las bases de diseño conceptual con el dimensionamiento basado en cálculos matemáticos que tuvieron en cuenta las cargas térmicas de la edificación para un período de mayor temperatura y uso.
2. Elaboración de planos generales y detallados de todos los dispositivos bioclimáticos,
3. Desarrollo de proceso de simulación,

To integrate the natural ventilation systems to the temperature calculation, it was run the multizone modeling using the CONTAM software (Figura 2). The multizone model allows the detailed air flow calculation (cfm) through each naturally ventilated building spaces, when there are established contour boundary temperatures in each studied areas. It takes also into account the envelope thermal issues.

The temperatures issued by the thermal model are introduced as an input to the multizone model, also the opening characteristics (louvers, doors etc) as well the wind pressures if applies were also introduced to the simulation process. The figure No 2. Shows the program output, with the air flow pattern which considers the pressure load losses.

In order to obtain the IAQ LEED credit C2 - Increased Ventilation, there is not considerate the effect of wind pressure over the building facades. All internal air movement is produced by thermal forces (natural convection) due to the temperature air differences..

The obtained air flow rates from the multizone model produce changes in the temperatures of the thermal model. This new circumstances are reintroduced into the thermal model, to calculate a new temperature pattern.

This process is repeated continuously in an iterative way, until the temperatures of the thermal model, are in accordance with the air flows produced by the building (multizone model). This guarantees a stable temperature distribution in accordance to the internal air flows produced by the natural ventilation devices and building shape.

When the correlation between the air flow multizone model and the temperature pattern from the thermal model matches, the LEED credit requirement is justified. nevertheless, the CDF simulation developed at this study proves in a detailed way the internal air movement and final temperatures contour during a peak period of the day / month. In the other hand, the CDF simulation validates the

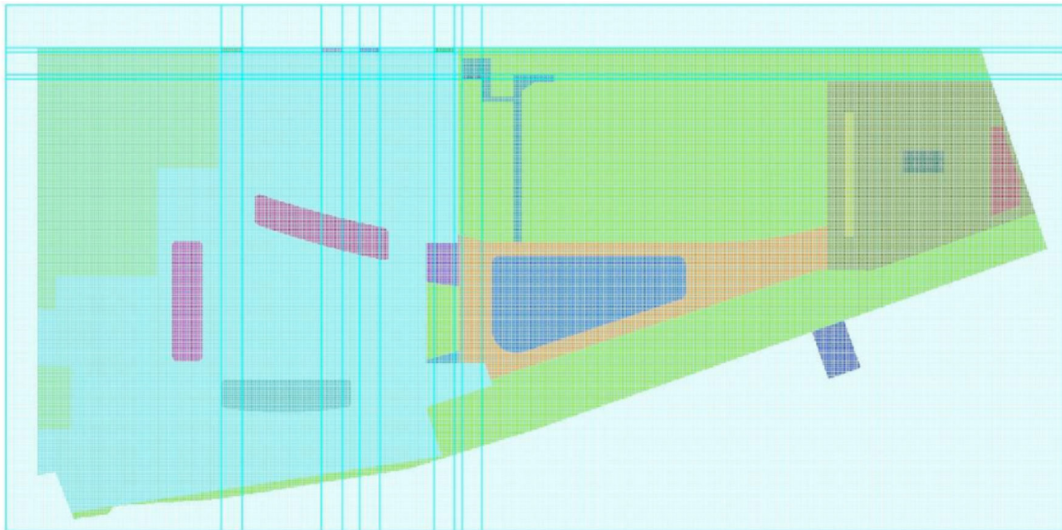


Fig. 3. Simulación CFD del edificio. Mallado.
CFD Building simulation grid.

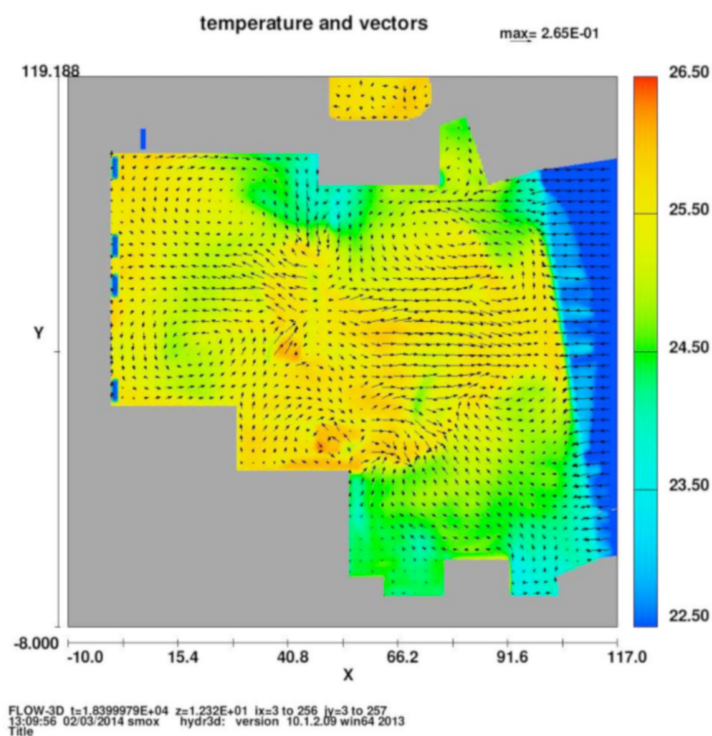


Fig. 4. Simulación CFD del edificio . Postprocesado de resultados.
CFD simulation, output edited results.

4. Monitoreo in situ de las condiciones reales para un día representativo (sábado soleado),
5. Comparativos de resultados entre la simulación y el monitoreo.

Conclusiones

1. Que las temperaturas internas se sitúan en un rango entre 19°C y 25 °C lo cual está dentro de los límites de confort adaptativo previsto por el estándar ASHRAE 55.1 2010.
2. Que la incidencia de la radiación solar por cubiertas traslúcidas incide en cambios importantes pero puntuales en el comportamiento del edificio para la zonas expuestas
3. Los rangos de temperaturas presentan una correlación apropiada entre los resultados de los monitoreos y las simulación para un períodos representativo de 24 horas.(figura 5)

previous multizone an thermal simulation process.

The calculation process of the thermal flow dynamic model is as follows:

1. Input of the building geometry in a tridimensional model,
2. Construction of a tridimensional grid (set up navier stock equations) (Figure 3),
3. Stablishment on the buandery conditions,
4. Calculation,
5. Output of results – processing data (Figure 4).

Results and conclutions

The design process and validation has been accomplished in an iterative way , following different steps:

1. Development of the conceptual design bases (BOD), including mathematical calculations to determine the required openings (Intel /outlet) and air changes per hour. This equations were based in the calculation of thermal loads during a peak period of maximum external temperatures and user occupancy..

Fig. 5. Representación de temperaturas a lo largo del día. Comparative temperatures along a representative period data loggers/simulation.

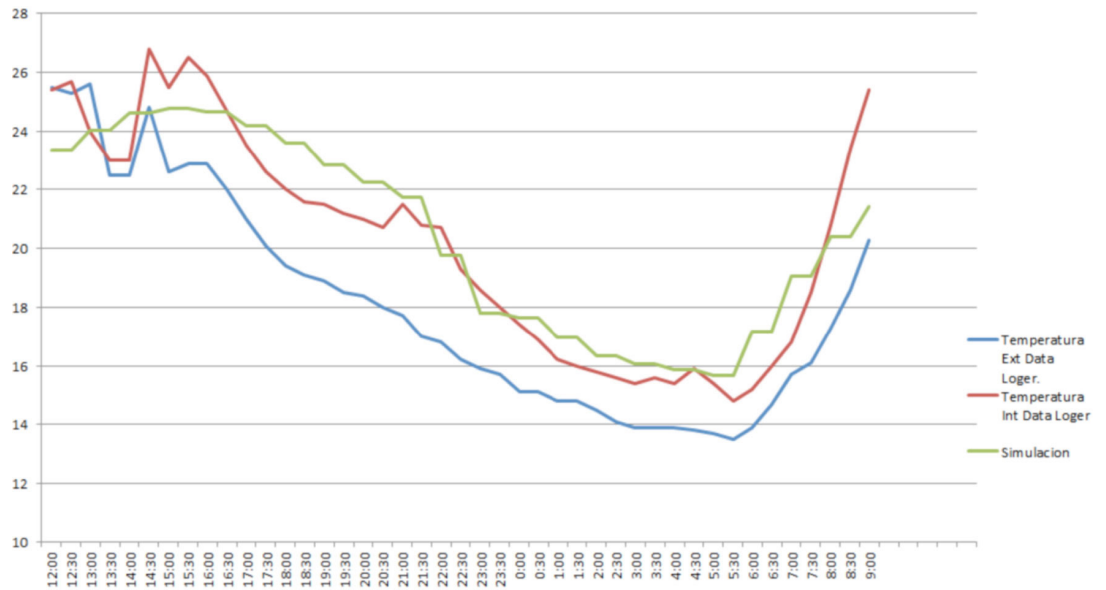
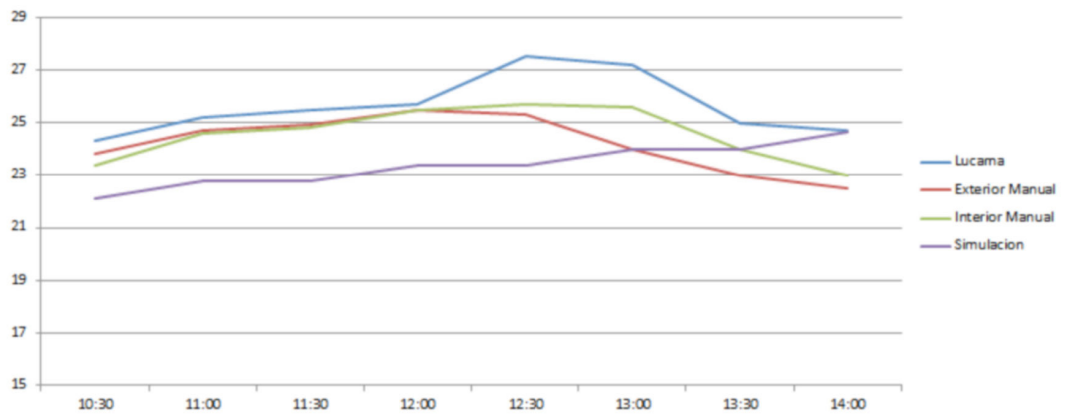
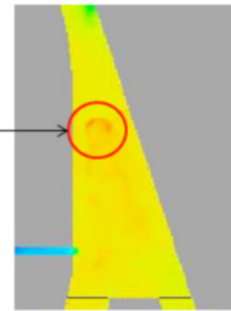


Fig. 6. Representación de temperaturas horarias. Comparative temperature results field thermal sensors and simulation

Comparativo sensores termo higrómetro portátil de alta precisión

26.5 °C



4. Que la simulación CFD es una herramienta de validación muy apropiada para determinar la respuesta térmica de espacios ventilados naturalmente, y que en este caso permitió definir con antelación planos definitivos as built, contando con el cumplimiento de las expectativas del cliente .
5. Que es importante evaluar circunstancias puntuales (alta radiación incidente) como análisis de sensibilidad en el proceso de simulación para edificaciones sometidas a un régimen variable de temperatura y humedad . Este análisis debe diferencia zonas expuestas (plazas bajo techo traslúcido) y zonas no expuestas (corredores bajo sombra)
6. En el caso de la plaza de comidas se presentaron similares condiciones entre el monitoreo y la simulación (25 °C a medio día).
2. Development of the general and detailed drawings showing the natural ventilation strategies and the different bioclimatic devices.
3. CDF / multizone simulation process.
4. Site monitoring of the internal final temperatures and thermal building response during a representative period of time (Saturday - sunny day).
5. Comparative analysis between simulation results and real monitored results

Final conclusions

1. Internal site temperatures are between 19°C y 25 °C average, which is in accordance to the acceptable operative temperatures ranges for naturally conditioned spaces – ASHRAE 55.1 2010 adaptive



Fig. 3. Diferentes elementos del sistema de ventilación natural del edificio.

Bioclimatic devices under actual operation .

Lucarnas extracción de calor

Plaza comidas

datalogger

Plaza central

Nivel	Espacio	Sup m2	Ocupación pers	QASHRAE 62.1 2007 por persona cfm/pers	QASHRAE 62.1 2007 por superficie cfm/m2	QASHRAE 62.1 2007 total cfm	QASHRAE incrementado 30% cfm	Qobtenido (limpio) cfm	Validez OK / NO
N1	P1_AccesoSE	252	79	592.5	160.0	752.52	978.3	14687.7	OK
N1	P1_AccesoSO	257.8	79	592.5	163.7	756.203	983.1	13965.4	OK
N1	P1_PasilloS	854.5	263	1972.5	542.6	2515.1075	3269.6	35395.0	OK
N1	P1_PasilloE	568.2	175	1312.5	360.8	1673.307	2175.3	16614.0	OK
N1	P1_PasilloO	627	193	1447.5	398.1	1845.645	2399.3	18058.7	OK
N1	P1_Mall	1545	475	3562.5	981.1	4543.575	5906.6	13310.4	OK
N1	P1_AccesoE	234.4	72	540	148.8	688.844	895.5	14206.1	OK
N2	P2_PasilloS	732.7	225	1687.5	465.3	2152.7645	2798.6	52249.7	OK
N2	P2_PasilloE	512.8	158	1185	325.6	1510.628	1963.8	21766.7	OK
N2	P2_PasilloO	581	179	1342.5	368.9	1711.435	2224.9	30097.8	OK
N2	P2_Mall	1172.5	361	2707.5	744.5	3452.0375	4487.6	45748.6	OK
N2	P2_Restaurante	1891.2	1891	14182.5	3606.5	17789.0184	23125.7	21670.4	OK
N3	P3_Mall	7572.5	2330	17475	4808.5	22283.5375	28968.6	81625.1	OK

Table 1. Air flow rates.

7. Que la simulación así mismo asegura la validación para el cumplimiento de la eficiencia térmica, de calidad de aire interior y ventilación incrementada, en relación las tasas del estándar ASHRAE 62.1 2007.

La tabla 1 ilustra los resultados de caudales de aire al interior de la edificación como resultado de la simulación multizona que complementa la simulación CFD.

Creditos

Gerente de Diseño y Construcción: Steven Heller
 Diseño Arquitectónico : Contexto Urbano
 Asesor certificación LEED : Setri Sostenibilidad
 Diseño HVAC . HVAC consultores

comfort. (Figure 5)

- Under a sunny condition, the heat gains transmitted through the translucent polycarbonate roof has a relevant influence on the building thermal behavior in some specific areas. Simulation and site test agree with this condition (fig 6)
- The site monitored temperatures ranges and simulation temperatures follows a correlate tendency along the day.(figure 5)
- In this case the CFD simulation process was powerful tool to determine a final design layout and the thermal response in naturally ventilated spaces, according to the client expectancies (draws as built) before construction works.
- For complex areas (open plazas / corridors) with a variable heat exchange and different flow patterns, some additional sensibility analysis during the simulation process, could help to solve key design features (improvement of SC factor).
- Into de Food court the temperatures between

simulation and site monitoring has been very similar (25 °C average at midday).

7. The simulation process validate the natural ventilation design to be in compliance with the required air flow rates as defined by the ASHRAE 62.1 2007 standard. So the EAQ LEED credits are obtained using this appropriated engineering option.

The table No 1 shows the flow results issued from the multizone simulation

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

11 Users Manual of IESVE-Pro v2013

2 Users Manual of CONTAM v3.0.1.

3 Users Manual of FLOW-3D v10

4 ASHRAE 62.1 2007 standard

5ASHRAE 90.1 2007 standard

6.ASHRAE 55.1 2005 standard

7. CIBSE application Manual AM10 . Natural ventilation in non-domestic buildings

8. A. Adarve "Final report BOD Bioclimatic design for the Commercial Mall Ecoplaza"

9. Simulaciones y Proyectos "DOCUMENTACIÓN JUSTIFICATIVA PARA OBTENER EL CRÉDITO 2 "INCREASED VENTILATION" DEL LEED PARA EL CENTRO COMERCIAL MOSQUERA UBICADO EN BOGOTÁ (COLOMBIA)

Análisis de soluciones constructivas en el casco histórico de Cáceres desde el punto de vista de la rehabilitación energética y su amortización económica.

Analysis of building solutions in the historic city centre of Cáceres from the point of view of energy restoration and its economic repayment

Carlos Alonso Calvo¹

RESUMEN

Debido a la situación energética mundial y a la responsabilidad que el sector de la edificación tiene sobre el gasto energético y emisiones de CO₂ a la atmósfera se pone de manifiesto la importancia de llevar a cabo estrategias necesarias para conseguir un parque edificado más sostenible. El sector de la edificación es el responsable del consumo del 26,1% de energía final, y en el sector doméstico casi el 50% del consumo energético se emplean en sistemas de climatización.

Las viviendas construidas antes de 1950 en Extremadura suponen el 32,16% del parque edificado, en el Centro Histórico de Cáceres este porcentaje es aún superior. El Casco Histórico de Cáceres es representativo de otros conjuntos históricos españoles por sus características constructivas y urbanísticas. Todos estos edificios presentan además serias deficiencias desde el punto de vista energético y simbolizan una gran oportunidad de ahorro.

El objetivo de esta investigación es realizar un análisis constructivo-energético-económico del estado actual de la envolvente térmica de los edificios del Centro Histórico de Cáceres, centrándose en los cerramientos verticales y cubiertas, para establecer las bases de futuras rehabilitaciones indicando qué medidas deberían ser prioritarias a la hora de intervenir en ellas.

En la metodología empleada, se revisan un total de 324 casos de expedientes rehabilitación realizados en el Centro Histórico de Cáceres documentados por la oficina del A.R.I. (Área de Rehabilitación Integral) del Ayuntamiento de Cáceres, donde se ponen de manifiesto una serie de errores que se cometen sistemáticamente y una serie de problemas que requieren unas estrategias claras que no vienen contemplado en la normativa porque son específicas de los centros históricos.

Tras una exhaustiva revisión de las tipologías constructivas tradicionales empleadas, se evalúan distintos ejemplos representativos de soluciones constructivas existentes de muros de fachada y de cubiertas y las correspondientes actuaciones de rehabilitación de cada uno de los casos, calculando las demandas energéticas de calefacción y refrigeración, las emisiones de CO₂, los costes de las intervenciones, el ahorro energético y los periodos de amortización de las inversiones económicas de las rehabilitaciones reflejando su rentabilidad y viabilidad. Para el desarrollo de esta investigación se utilizan varias herramientas informáticas, tanto oficiales como no oficiales, las cuales también han sido objetos de estudio reflejando posibles inconvenientes y contrariedades.

Los resultados más relevantes indican que las soluciones constructivas de cerramientos y cubiertas tradicionales del Centro Histórico de Cáceres, hoy no alcanzarían los valores mínimos de la normativa, se determina qué elementos constructivos serían prioritarios intervenir desde el punto de vista de la rehabilitación energética y que además muchas de las actuaciones llevadas a cabo inutilizan estrategias bioclimáticas que tradicionalmente se han venido utilizando en este tipo de edificios favoreciendo el incremento del consumo energético.

Las evidencias encontradas podrían ser muy útiles para el diseño de políticas gubernamentales relativas al fomento de la rehabilitación en Cascos Históricos, teniendo en cuenta que las actuaciones de reforma, ampliación de los edificios existentes están incluidas dentro del ámbito de aplicación de la nueva normativa sobre ahorro de energía aprobada en España.

Palabras clave: Rehabilitación, Centros históricos, Sistemas constructivos, Simulación energética, Amortización.

(1) Alonso Arquitectos | Universidad de Extremadura. Cáceres, España.

E: calonsocalvo@gmail.com

Introducción

El consumo de energía final del sector edificación y equipamiento ascendió, en el año 2010, a 24.391 ktep, sobre un consumo total nacional para usos energéticos de 93.423 ktep, lo que representa el 26,1% del consumo de energía final nacional para usos energéticos.

El consumo de energía final en los edificios del sector doméstico se distribuye, por usos, de la siguiente forma: calefacción (47%), agua caliente sanitaria (27,4%), equipamiento (20,6%), iluminación (3,9%) y aire acondicionado (1,1%). El aire acondicionado, dada su estacionalidad, no representa a día de hoy un porcentaje de consumo importante.

En la demanda energética, la envolvente del edificio es fundamental, ya que actuaciones de mejora en la envolvente resulta una disminución de la demanda energética. Los edificios objeto de este estudio no se construyeron bajo ninguna normativa en cuanto a limitación o consumo, ya que la primera normativa que incluía la obligatoriedad de incorporar aislamiento térmico en la envolvente del edificio fue la NBE-CT-79 en 1980 por lo que todos los edificios construidos anteriormente presentan serias deficiencias en su aislamiento, lo cual representa un gran oportunidad de actuación ya que con diversas operaciones de rehabilitación se puede reducir significativamente su demanda energética.

Soluciones preexistentes

Este trabajo se centrará en el análisis de los muros de fachada y de las cubiertas por entender que son las zonas comúnmente sensibles de deterioro por la acción del agua, viento y otros fenómenos meteorológicos.

Según fuentes de la Oficina A.R.I. (Área de Rehabilitación Integral) de Cáceres, en el año 2010 (último año del que se obtienen datos) se presentaron un total de 57 expedientes, con una inversión media de 21.000 euros y una inversión privada total de 1.100.000 euros. La subvención total pública ascendió a la cantidad de 154.000 euros.

Del total de expedientes de rehabilitación:

- 1º. 16 expedientes corresponden a comunidades de vecinos – 25% TOTAL
- 2º. 6 expedientes corresponden a rehabilitaciones integrales – 5% TOTAL
- 3º. 35 expedientes corresponden a labores de mantenimiento – 70% TOTAL

Se produjo una importante mejora con respecto al año pasado (2009), volviendo a cifras de expedientes

Introduction

The final energy consumption of the building and equipment sector in the year 2010 amounted to 24,391 ktoe of a total national energy consumption of 93,423 ktoe, which constitutes 26.1% of the final national energy consumption.

The final energy consumption in buildings of the domestic sector is distributed by uses as follows: heating (47%), domestic hot water (27.4%), equipment (20.6%), lighting (3.9%), and air conditioning (1.1%). Given its seasonal nature air conditioning does not currently constitute a significant percentage of consumption.

As far as energy requirements are concerned the envelope of the building is vital, as actions to improve this envelope result in less demand for energy. The buildings that are the subject of this study were not constructed in accordance with any regulations as to limitations or consumption, as the first regulation that made it compulsory to incorporate thermal insulation in the envelope of the building was NBE-CT-79 of 1980. All buildings constructed before this date therefore have serious insulation deficiencies, which gives a great opportunity for action as their energy requirements can be significantly reduced by various restoration operations.

Pre-existing solutions

This study will concentrate on analysing the walls of the façade and the roofs as it is understood that these areas are most likely to deteriorate owing to water and wind action and other meteorological phenomena.

According to sources of the Complete Restoration Area (Área de Rehabilitación Integral, ARI) Office of Cáceres, in 2010 (the last year for which data are available) a total of 57 reports were presented with an average investment of 21,000 euros and a total private investment of 1,100,000 euros. The total public subsidy amounted to 154,000 euros.

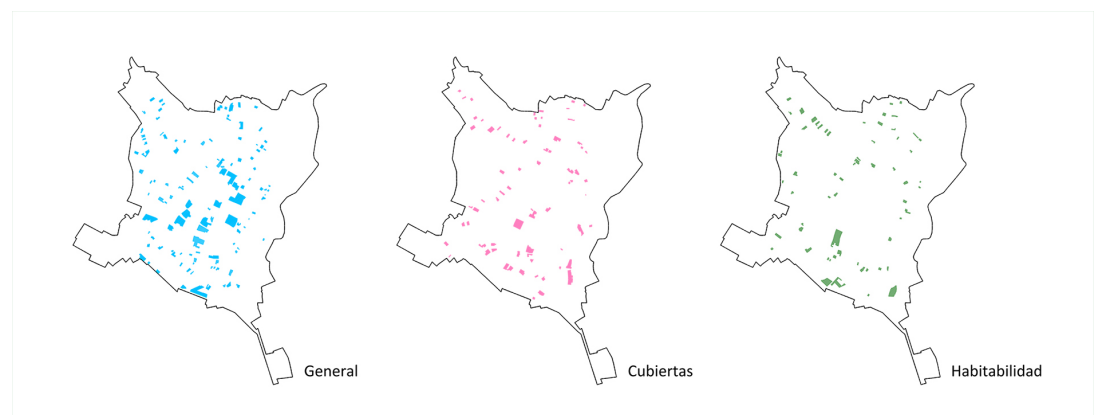
Of the total number of restoration reports:

- 1 – 16 reports correspond to residents' associations – 25% OF TOTAL
- 2 – 6 reports correspond to complete restorations – 5% OF TOTAL
- 3 – 35 reports correspond to maintenance work – 70% OF TOTAL

A significant improvement occurred with regard to the previous year (2009), namely a return to the figures of the restoration reports of 2007 although the amounts invested in restoration were smaller in keeping with the projects that were mainly those of maintaining and preserving the

Fig. 1. Planos de actuaciones en el Casco Histórico de Cáceres en los años 1997-2007. (Rehabilitaciones de carácter general, cubiertas y habitabilidad)

Plans of operations in the historic city centre of Cáceres from 1997 to 2007 (general restorations, roofs, and habitability)



de rehabilitación del año 2007, aunque las cantidades invertidas en rehabilitación fueron inferiores al tratarse de actuaciones más leves y que incidieron fundamentalmente en mantener y conservar los inmuebles. Bajando de forma evidente las rehabilitaciones integrales de las viviendas unifamiliares o edificios de residencia colectiva. Esta tendencia se ha venido repitiendo estos últimos años, donde numerosas intervenciones son de carácter leve con el objetivo de mantenimiento y conservación del edificio.

Las viviendas construidas antes de 1950 en Extremadura suponen el 32.16% del parque edificado, en el Centro Histórico de Cáceres este porcentaje es aún superior. Este dato pone de manifiesto una gran cantidad de edificios construidos en una época en la que no existían normas que limitaran la demanda energética, ni costumbre de emplear aislamientos, cuya utilización se fue generalizando en los años posteriores. Todos estos edificios presentan ahora además serias deficiencias desde el punto de vista energético y representan una gran oportunidad de ahorro energético.

Tras examinar 324 expedientes de la oficina del A.R.I. de Cáceres, se pudo determinar los siguientes tipos de muros de fachada y cubierta que se toman como referencia para el presente estudio.

Muros de fachada:

- M01: Muro de mampostería 70 cms de espesor (U= 2,16 W/m²·K).
- M02: Muro de mampostería de 100 cms de espesor (U= 1,75 W/m²·K).
- M03: Muro de fábrica de ladrillo de 50 cms de espesor (U= 1,44 W/m²·K).
- M04: Muro de tapial de 50 cms de espesor (U= 1,30 W/m²·K).
- M05: Muro de tapial de 70 cms de espesor (U= 1,01 W/m²·K).
- M06: Muro de adobe de 50 cms de espesor (U= 0,77 W/m²·K).
- M07: Muro de fábrica de ladrillo hueco doble de un pie (U= 1,30 W/m²·K).
- M08: Muro de un pie de ladrillo perforado, cámara de 20 cms y tabicón (U= 1,07 W/m²·K).

Cubiertas:

- C01: Cubierta de entablado de madera con espacio bajo cubierta (U= 1,34 W/m²·K).
- C02: Cubierta de placas de fibrocemento (U= 5,92 W/m²·K).
- C03: Cubierta de entablado de madera (U= 3,92 W/m²·K).
- C04: Cubierta de cañizo y barro (U= 3,82 W/m²·K).
- C05: Cubierta de bardos cerámicos (U= 3,03 W/m²·K).
- C06: Cubierta de forjado inclinado (U= 1,84 W/m²·K).
- C07: Terraza de forjado unidireccional de hormigón (U= 1,66 W/m²·K).
- C08: Terraza de bóvedas de ladrillo (U= 2,08 W/m²·K).

buildings. Complete restorations of single-family dwellings or blocks of flats have clearly been fewer in number. This tendency has become established in recent years with numerous minor interventions so as to maintain and preserve the buildings.

Buildings constructed before 1950 account for 32.16% of the housing pool of Extremadura and in the historic centre of Cáceres the figure is even higher. This fact reveals the large number of existing buildings that were built at a time when there were no rules to limit the demand for energy and it was not customary to provide insulation, the use of which became generalised in more recent years. All these buildings now have serious deficiencies from an energy point of view and represent a great opportunity for its saving.

After examining 324 reports at the Cáceres A.R.I. Office it was possible to determine the following types of façade walls and roofs that have been taken as a point of reference for this study.

Façade walls:

- M01: Masonry wall 70 cm thick (U = 2.16 W/m²·K).
- M02: Masonry wall 100 cm thick (U = 1.75 W/m²·K).
- M03: Brick wall 50 cm thick (U = 1.44 W/m²·K).
- M04: Compacted clay wall 50 cm thick (U = 1.30 W/m²·K).
- M05: Compacted clay wall 70 cm thick (U = 1.01 W/m²·K).
- M06: Adobe wall 50 cm thick (U = 0.77 W/m²·K).
- M07: Double-gap brick wall one foot thick (U = 1.30 W/m²·K).
- M08: Perforated brick wall one foot thick, a chamber of 20 cm, and a double partition (U = 1.07 W/m²·K).

Roofs:

- C01: Roof of wooden board with a space below the roof (U = 1.34 W/m²·K).
- C02: Roof of fibre cement plates (U = 5.92 W/m²·K).
- C03: Roof of wooden board (U = 3.92 W/m²·K).
- C04: Roof of wattle and clay (U = 3.82 W/m²·K).

Muros	Aislamiento	Cubiertas	Aislamiento
M01.	-	C01.	-
M01.R1.	LM (3cms)	C01.R1.	LM (6cms)
M02.	-	C02.	-
M02.R1.	LM (3cms)	C02.R1.	PUR (7cms)
M02.R2.	LM (1,5cms)	C03.	-
M03.	-	C03.R1.	XPS (6cms)
M03.R1.	LM (3cms)	C04.	-
M04.	-	C04.R1.	XPS (6cms)
M04.R1.	LM (3cms)	C05.	-
M04.R2.	LM (1,5cms)	C05.R1.	XPS (6cms)
M05.	-	C06.	-
M05.R1.	LM (3cms)	C06.R1.	XPS (5cms)
M05.R2.	LM (1,5cms)	C07.	-
M06.	-	C07.R1.	XPS (5cms)
M06.R1.	LM (3cms)	C08.	-
M06.R2.	LM (1,5cms)	C08.R1.	XPS (5cms)
M07.	-		LM= Lana Mineral
M07.R1.	LM (3cms)		PUR= Poliuretano proyectado
M08.	-		XPS= Poliestireno extruido
M08.R1.	Isofloc (18cms)		

Fig. 2. Detalles de aislamiento usados en las propuestas de rehabilitación.

Details of insulation used in the proposed restorations.

Fig. 3. Ejemplo de rehabilitación en calle Tenerías 26.

Example of restoration in Calle Tenerías 26.



Análisis de los problemas comunes detectados

Al haber estudiado un número amplio de expedientes, se ha puesto de manifiesto una serie de errores que se cometen sistemáticamente y una serie de problemas que requieren unas estrategias claras que no vienen contempladas en la normativa porque son específicas de los centros históricos:

- Existen viviendas dentro del centro histórico, construidas en la época de la posguerra, década de los años 50, con una precariedad constructiva. Se trata de viviendas auto construidas sobre una parcela en el que se planificaron solares y calles. No tienen aislamiento porque en aquella época no era obligatorio, y además no siguen las estrategias bioclimáticas tradicionales de la arquitectura popular, con lo cual son las más penalizadas de todas.

- Elevación del faldón de cubierta para aprovechamiento del espacio bajo cubierta como espacio habitable, quedando éste expuesto directamente a la radiación solar y a las inclemencias meteorológicas. La función del bajo cubierta en la estrategia bioclimática de este tipo de edificios es fundamental, ya que puede aumentar la transmitancia térmica en más de dos puntos.

- Las intervenciones rompen estrategias bioclimáticas tradicionales como la inercia térmica, la ventilación y el pequeño tamaño de los huecos, porque en estas fechas estas estrategias no estaban contempladas en los diseños arquitectónicos habituales.

- Creación de terrazas. Es frecuente la presencia de terrazas en el Casco Histórico de Cáceres. Se observa que la tipología constructiva predominante es la cubierta plana transitable sin aislamiento y sin cámara. La transmitancia de una terraza de forjado unidireccional de hormigón es $U = 1,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ y la de una terraza sobre bóveda existente es $U = 2,08 \text{ W/m}^2\text{K}$.

C05: Roof of ceramic board ($U = 3.03 \text{ W/m}^2\text{K}$).

C06: Sloping slab roof ($U = 1.84 \text{ W/m}^2\text{K}$).

C07: Unidirectional concrete slab terrace ($U = 1.66 \text{ W/m}^2\text{K}$).

C08: Brick vault terrace ($U = 2.08 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Analysis of problems commonly detected

On studying a large number of reports we have become aware of a series of mistakes that are systematically being made, and also of a series of problems that require clear strategies but which are not anticipated in the regulations because they refer specifically to historical centres:

- Some buildings in the historical centre, which were built during the postwar period in the 1950s, are precarious from the point of view of their construction. These houses were self-built on a plot on which building sites and streets were planned. They have no insulation because it was not compulsory at the time, and moreover they do not follow the traditional bioclimatic strategies of popular architecture and this makes them the most vulnerable of all.

- Raising the roof gables to make use of the area under the roof as an inhabitable space, with the latter thus being directly exposed to solar radiation and the elements. The role played by the space under the roof in the bioclimatic strategy of this type of buildings is an important one, as it is capable of increasing the thermal transmittance by more than two points.

- The interventions are at variance with traditional bioclimatic strategies such as thermal inertia, ventilation, and the small size of the openings. This is because at that time these strategies were not anticipated in standard architectural designs.

- Creation of terraces. There are many terraces in the historic city centre of Cáceres. It can be observed that the predominant construction type is the flat passable roof without insulation and without a chamber. The transmittance of a terrace of a unidirectional concrete slab is $U = 1.66 \text{ W/m}^2\text{K}$ and that of a terrace over an existing vault is $U = 2.08 \text{ W/m}^2\text{K}$. Both values would exceed regulatory limits.

- By simply replacing material. The objective of many restoration projects is to maintain the building where in particular the roof is retiled and waterproofed. This may be a short-term solution for the occupier of the building, but the most advisable alternative in the long term would be to make use of this type of work to condition this kind of spaces, providing them with thermal insulation if this is lacking.

Fig. 4. Detalle de aislamiento de poliestireno expandido y malla de gallinero.

Detail of expanded polystyrene insulation and henhouse mesh.



Ambos valores superarían los límites normativos.

- Simple sustitución del material. Muchas de las actuaciones de rehabilitación tienen como objetivo el mantenimiento del edificio donde particularmente la cubierta es objeto de retejado e impermeabilización. Esto puede suponer una solución a corto plazo para el usuario de la vivienda, pero la alternativa más aconsejable a largo plazo, sería aprovechar este tipo de obras para acondicionar este tipo de espacios dotándolos de aislamiento térmico si no lo hubiera.

- Aislamientos insuficientes. Se observan casos de actuaciones de rehabilitación en los que se utilizan aislamientos con espesores insuficientes o bien por mala ejecución o colocación de los mismos no se obtienen los resultados deseados.

Programas de simulación energética

Para la simulación, se toma como ejemplo un edificio existente en el Casco Histórico de Cáceres con una superficie total construida de 220.85 m². La vivienda se distribuye en tres plantas y cuenta con el siguiente programa, zaguán, estar-comedor, aseo y estudio en planta baja, vestíbulo, dos dormitorios, baño y cocina comedor en planta primera, y vestíbulo, dos dormitorios y baño en planta segunda. El edificio consta de una caldera eléctrica para el A.C.S. y radiadores eléctricos para calefacción (esta opción se elige porque todavía muchos usuarios no disponen de acometida de gas natural).

El motor de cálculo del CALENER presenta una serie de particularidades que penalizan, en particular, a los edificios objeto de este estudio, al tratarse éstos de edificios con sistemas constructivos de gran masa/inercia térmica. Los programas de simulación no logran recrear con exactitud el comportamiento real de los cerramientos y cómo, para una variación de temperatura periódica, se puede desfazar y amortiguar el flujo de calor que lo atraviesa.

En el caso de análisis de muros de gran inercia térmica con los programas CALENER y Energy Plus, podemos encontrar diferencias de 9.04 kWh/m² en los resultados de la demanda de calefacción (análisis M01). En cambio, con análisis de cerramientos convencionales y comparando

- Insufficient insulation. Cases can be observed of restoration projects in which the insulation is of insufficient thickness, and others in which its poor execution or fitting does not give the best results.

Energy simulation programmes

To carry out the simulation the example was taken of a building existing in the historic city centre of Cáceres with a total built-on surface area of 220.85 m². This dwelling has three floors and the following layout: an entrance hall, a lounge-dining room, a toilet, and a study on the ground floor; a hall, two bedrooms, a bathroom, and a kitchen-dining room on the first floor; and a hall, two bedrooms, and a bathroom on the second floor. The building has an electric boiler for domestic hot water and electric radiators for heating (this option was chosen because many users still have no natural gas connection).

The calculation engine of the CALENER programme has a series of special features that penalise in particular the buildings that are the subject of this study, as the latter are the result of large-mass/thermal inertia construction systems. The simulation programmes are incapable of reproducing precisely the actual behaviour of the enclosures. Neither in the case of a periodic temperature variation can they phase out and tone down the heat flow that crosses it.

In the case of the analysis of walls of great thermal inertia with the CALENER and Energy Plus programmes, differences of 9.04 kWh/m² can be found in the results of the heating requirements (analysis M01). In contrast, in the analysis of traditional enclosures and comparing both heating requirement results the differences are minimal and in some cases even equal (analyses M09, M10, M11, three variations of traditional enclosure of outer leaf, insulation, and chamber plus inner leaf).

Another disadvantage is that with the increase in the thermal insulation of the envelope, to be precise of the vertical enclosures, CALENER increases the demand for cooling energy instead of reducing it. It therefore also increases the CO₂ emissions on allowing the unreal overheating of the same during the middle of the day and assuming that

	Calener		Energy Plus		Emisiones CO ₂	
	Demanda kWh/m ²		Demanda kWh/m ²		kgCO ₂ /m ²	
	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración
M01	61,4	8,9	52,36	8,54	23,5	3,4
M01.R1	40,8	9,1	38,85	7,44	15,7	3,5
Reducciones	-20,6	+0,2	-13,51	-1,1	-7,8	+0,1
% Reduccion	-33,56%	+2,24%	-25,80%	-12,88%	-33,19%	+2,94%
M02	54,8	8,4	48,7	8,23	21	3,2
M02.R1	40,2	8,4	38,33	7,37	15,5	3,2
Reducciones	-14,6	0	-10,37	-0,86	-5,5	0
% Reduccion	-26,64%	0%	-21,29%	-10,44%	-26,19%	0%
M03	50,4	8,8	46,15	8	19,3	3,4
M03.R1	39,6	9,3	38,47	7,41	15,2	5,4
Reducciones	-10,8	+0,5	-7,68	-0,59	-4,1	+2
% Reduccion	-21,42%	+5,68%	-16,64%	-7,73%	-21,24%	+58,82%
M04	48,3	8,7	44,9	7,88	18,6	3,4
M04.R1	38,4	9,2	37,81	7,32	14,7	5,3
Reducciones	-9,9	+0,5	-7,09	-0,56	-3,9	+1,9
% Reduccion	-20,49%	+5,74%	-15,79%	-7,10%	-20,9%	+55,88%
M05	43,5	8,3	42,11	7,66	16,8	3,2
M05.R1	37,5	9	37,11	7,28	14,4	5,2
Reducciones	-6	+0,7	-5	-0,38	-2,4	+2
% Reduccion	-13,79%	+8,43%	-11,87%	-4,96%	-14,28	+62,5%
M06	39,5	8,4	39,87	7,47	15,2	3,3
M06.R1	36,2	9,1	36,47	7,21	13,9	5,3
Reducciones	-3,3	+0,7	-3,4	-0,26	-1,3	+2
% Reduccion	-8,35%	+8,33%	-8,52%	-3,48%	-8,55%	+60,60%
M07	48,4	9,6	45,24	8,04	18,6	3,7
M07.R1	38,8	9,7	38,36	7,38	14,9	5,6
Reducciones	-9,6	+0,1	-6,88	-0,66	-3,7	+1,9
% Reduccion	-19,83%	+1,04%	-15,20%	-8,20%	-19,89%	+51,35%
M08	44,6	8,6	42,36	7,64	17,2	3,3
M08.R1	31,8	9	34,06	6,95	12,2	5,2
Reducciones	-12,8	+0,4	-8,3	-0,69	-5	+1,9
% Reduccion	-28,69%	+4,65%	-19,59%	-9,03%	-29,06%	+57,57%
M09	37,6	9,6	37,6	7,3	14,4	3,7
M10	36,9	9,3	36,99	7,2	14,2	3,6
M11	35,6	9,4	36,6	7,15	13,7	3,6

	Calener		Energy Plus		Emisiones CO ₂	
	Demanda kWh/m ²		Demanda kWh/m ²		kgCO ₂ /m ²	
	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración
C01	43,4	8,2	41,91	7,59	16,7	3,2
C01.R1	35,5	6,2	33,89	6,49	13,6	3,6
Reducciones	-7,9	-2	-8,02	-1,1	-3,1	+0,4
% Reduccion	-18,20%	-24,39%	-19,13%	-14,49%	-18,56%	+12,50%
C02	73,9	17,4	75,48	16,78	28,3	6,6
C02.R1	37,7	6,5	34,71	6,78	14,5	3,7
Reducciones	-36,2	-10,9	-40,77	-10	-13,8	-2,9
% Reduccion	-48,98%	-62,64%	-54,01%	-59,59%	-48,76%	-43,93
C03	62,5	14	60,84	13,41	24	5,4
C03.R1	38	6,5	35,02	6,88	14,6	3,8
Reducciones	-24,5	-7,5	-25,82	-6,53	-9,4	-1,6
% Reduccion	-39,20%	-53,57%	-42,43%	-48,69%	-39,16%	-29,62
C04	64,1	14,5	62,47	14,24	24,6	5,5
C04.R1	38,1	6,4	35,11	6,82	14,6	3,7
Reducciones	-26	-8,1	-27,36	-7,42	-10	-1,8
% Reduccion	-40,56%	-55,86	-43,79%	-52,10%	-40,65%	-32,72
C05	58	12,6	55,39	12,87	22,2	4,8
C05.R1	37,9	6,3	34,96	6,6	14,5	3,6
Reducciones	-20,1	-6,3	-20,43	-6,27	-7,7	-1,2
% Reduccion	-34,65%	-50%	-36,88%	-48,71%	-34,68%	-25%
C06	50,5	7,6	46,81	8,61	19,4	4,4
C06.R1	37,8	6,1	34,97	6,29	14,5	3,5
Reducciones	-12,7	-1,5	-11,84	-2,32	-4,9	-0,9
% Reduccion	-25,14%	-19,73	-25,29%	-26,94%	-25,25%	-20,15%
C07	45,9	7,5	44,96	8	17,6	2,9
C07.R1	35,9	6,1	34,68	6,49	13,8	3,6
Reducciones	-10	-1,4	-10,28	-1,51	-3,8	+0,3
% Reduccion	-21,78%	-18,67%	-22,86%	-18,87%	-21,59%	+24,13%
C08	48,7	7,8	47,93	8,37	18,7	3
C08.R1	35,2	6	34,15	6,41	13,5	3,5
Reducciones	-13,5	-1,8	-13,78	-1,96	-5,2	+0,5
% Reduccion	-27,72%	-23,07%	-28,75%	-23,41%	-27,80%	+16,67%

Fig. 5. Tabla de demandas de calefacción y refrigeración de muros de fachada.

Table of heating and cooling requirements for façade walls.

Fig. 6. Tabla de demandas de calefacción y refrigeración de cubiertas.

Table of heating and cooling requirements for roofs.

ambos resultados de demandas de calefacción las diferencias son mínimas y en algunos casos llegando a ser iguales (análisis M09, M10, M11, tres variaciones de cerramiento convencional de hoja exterior, aislamiento, cámara más hoja interior).

Otra desventaja que presenta es que al aumento del aislamiento térmico de la envolvente, en concreto de los cerramientos verticales, CALENER aumenta la demanda energética de refrigeración en lugar de disminuirla y por lo tanto aumenta también las emisiones de CO₂, al permitir un sobrecalentamiento irreal de la misma durante las horas centrales del día y suponiendo que el aislamiento térmico impide la disipación de ese calor. Por consiguiente, al ser un programa de carácter normativo, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y los documentos que genera tienen validez administrativa, sería recomendable su revisión en estos aspectos.

Normativa

Una de las grandes novedades de esta actualización del CTE, es que la sección HE-1, Limitación de la demanda energética, será de aplicación no sólo a edificios de nueva construcción, sino que también será de aplicación en intervenciones en edificios existentes ya sean ampliación, reforma o cambio de uso. Con lo que queda por determinar si el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística incluye en el ámbito de aplicación a los edificios históricos protegidos del Casco Histórico de Cáceres.

Costes y periodos de amortización

Para los cálculos de costes y periodos de amortización se utilizan los precios de ejecución material por m² de actuación de rehabilitación, donde por lo tanto no se incluye ni gastos generales, ni beneficio industrial, ni ningún otro gasto. Para su valoración se ha tomado como base el Generador de Precios de CYPE y la base de precios de la Junta de Extremadura de 2012.

Tras la valoración económica de las distintas soluciones de rehabilitación para muros de fachada y de cubiertas, se pone de manifiesto que los costes unitarios de rehabilitación de muros de fachada son proporcionalmente más bajos que los costes unitarios de rehabilitación de cubiertas. El coste unitario de rehabilitación de muros de fachada por m² comprende desde los 35,68€ de la propuesta de rehabilitación del muro tipo M08 (mediante insuflado de celulosa a la cámara) a los 45,76€ de la

the thermal insulation prevents the dissipation of this heat. As a consequence, because it is a regulatory programme recognised by the Ministry of Industry, Energy, and Tourism, the documents it generates have administrative validity and their revision regarding these aspects is recommended.

Regulations

One of the major novelties of this updating of the CTE is that section HE-1, Limitation of the demand for energy, will be applicable not only to new buildings but also to interventions in existing buildings whether these refer to extensions, alterations, or a change of use. It thus remains to be determined whether the competent body that must issue a judgement on historical-artistic protection includes in its scope of application the protected buildings of the historic city centre of Cáceres.

Costs and repayment periods

In order to calculate the costs and repayment periods, the factor used is that of the prices of material execution per m² of the restoration operation, excluding therefore general expenses, industrial profit, or any other expenses. The basis for assessment taken was the CYPE Price Generator and the price database of the Regional Government of Extremadura of 2012.

After the economic valuation of the various restoration solutions for façade walls and roofs, it is shown that the unitary costs of the restoration of façade walls are proportionally lower than the unitary costs of the restoration of roofs. The unitary cost of the restoration of façade walls per m² ranges from the 35.68€ of the restoration proposal of wall type M08 (by means of blowing cellulose into the chamber) to the 45.76€ of the restoration proposal of walls M02, M04, M05, and M06 (insulation with a panel of laminated gypsum plasterboard). On the other hand, the unitary cost of the restoration of roofs per m² ranges from the 39.05€ of the restoration proposal of roof type C01 (gypsum plasterboard in a horizontal partition) to the 70.23€ of the restoration proposal of roof types C07 and C08 (the incorporation of thermo-acoustic insulation on a flat passable roof).

Restorations of façade walls may achieve an energy saving that ranges from 795.02 kWh/year and therefore a saving of 119.96 €/year (the case of M06) to 3162.65 kWh/year and therefore a saving of 477.44 €/year (the case of M01). Roof restorations may achieve an energy saving that ranges from 1905.71 kWh/year and a saving of 287.57 €/year

Fig. 7. Tabla de amortización económica de rehabilitación de muros de fachada.

Table of the economic repayment of façade wall restoration.

Fig. 8. Tabla de amortización económica de rehabilitación de cubiertas.

Table of economic repayment of roof restoration.

	Coste solución		Ahorro energético		Ahorro energético		Amortización
	€/m ²	Total (€)	kWh/año		€/año (0,1509 €/kWh)		
			Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	
M01.	0	0	11993,58	533,01	1809,83	80,43	-
M01.R1.	41,46	4170,88	-3094,6	-68,65	-467,08	-10,36	8,73
M02.	0	0	11155,22	513,66	1683,32	77,51	-
M02.R1.	41,46	4170,88	-2375,35	-53,67	-358,44	-8,09	11,37
M02.R2.	45,76	4603,46	-1953,88	-43,68	-294,84	-6,59	15,27
M03.	0	0	10571,11	499,31	1595,18	75,34	-
M03.R1.	40,81	4105,48	-1759,18	-36,82	-265,46	-5,55	15,14
M04.	0	0	10284,79	491,82	1551,97	74,21	-
M04.R1.	41,46	4170,88	-1624,03	-34,95	-245,06	-5,27	16,66
M04.R2.	45,76	4603,46	-1291,89	-26,21	-194,94	-3,95	23,14
M05.	0	0	9645,71	478,09	1455,53	72,14	-
M05.R1.	41,46	4170,88	-1145,3	-23,71	-172,82	-3,57	23,64
M05.R2.	45,76	4603,46	-881,88	-18,1	-133,07	-2,73	33,89
M06.	0	0	9132,62	466,23	1378,11	70,35	-
M06.R1.	41,46	4170,88	-778,8	-16,22	-117,52	-2,44	34,76
M06.R2.	45,76	4603,46	-590,97	-12,48	-89,17	-1,88	50,55
M07.	0	0	10362,67	501,8	1563,72	75,72	-
M07.R1.	40,81	4105,48	-1575,93	-41,19	-237,8	-6,21	16,82
M08.	0	0	9577,17	476,84	1445,19	71,95	-
M08.R1.	35,68	3589,41	-1901,19	-43,06	-286,89	-6,49	12,23

	Coste solución		Ahorro energético		Ahorro energético		Amortización
	€/m ²	Total (€)	kWh/año		€/año (0,1509 €/kWh)		
			Calefacción	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	
C01.	0	0	9599,9	467,58	1448,62	70,55	-
C01.R1.	39,05	2981,46	-1837,06	-68,65	-277,21	-10,36	10,36
C02.	0	0	17289,44	1047,31	2608,97	158,03	-
C02.R1.	53,23	4362,73	-9338,77	-624,14	-1409,22	-94,18	2,9
C03.	0	0	13936,01	836,97	2102,94	126,29	-
C03.R1.	61,9	5073,32	-5914,32	-407,56	-892,47	-61,5	5,31
C04.	0	0	14309,37	888,77	2159,28	134,11	-
C04.R1.	61,9	5073,32	-6267,08	-463,11	-945,7	-69,88	4,99
C05.	0	0	12687,63	803,27	1914,56	121,21	-
C05.R1.	61,9	5073,32	-4679,69	-391,33	-706,16	-59,05	6,62
C06.	0	0	10722,29	537,38	1617,99	81,09	-
C06.R1.	56,98	4670,08	-2712,07	-144,8	-409,25	-21,85	10,83
C07.	0	0	10298,53	499,31	1554,04	75,34	-
C07.R1.	70,23	5362,06	-2354,73	-94,24	-355,32	-14,22	14,51
C08.	0	0	10978,84	522,4	1656,7	78,83	-
C08.R1.	70,23	5362,06	-3156,44	-122,33	-476,3	-18,45	10,83

propuesta de rehabilitación de los muros M02, M04, M05 y M06 (Trasdosado de aislamiento con panel de cartón yeso laminado). Por otro lado, el coste unitario de rehabilitación de cubiertas por m² comprende desde los 39,05€ de la propuesta de rehabilitación de cubierta tipo C01 (trasdosado en partición horizontal) a los 70,23€ de la propuesta de rehabilitación de las cubiertas tipos C07 y C08 (incorporación de aislamiento termoacústico en cubierta plana transitable).

Las rehabilitaciones de muros de fachada pueden suponer un ahorro energético que varía de 795,02 kWh/año y por lo tanto un ahorro económico de 119,96 €/año (caso M06) a 3162,65 kWh/año y por consiguiente de 477,44 €/año (caso M01). En las rehabilitaciones de cubiertas se pueden conseguir un ahorro energético que varía de 1905,71 kWh/año y con un ahorro económico de 287,57 €/año (caso C01 con espacio bajo cubierta, donde el potencial de ahorro energético es menor), a 2448,97 kWh/año y un ahorro económico de 369,54 €/año (caso C07), consiguiendo el máximo ahorro en la rehabilitación del caso C02 (cubierta con placas de fibrocemento) de 9962,91 kWh/año y por lo tanto un ahorro económico 1503,40 €/año.

Tras los análisis realizados, los tiempos de amortización en rehabilitaciones de cubiertas es sensiblemente inferior al de los muros de fachada. El periodo de amortización de muros de fachada varía de 8,73 años en el caso de la rehabilitación del muro de fachada tipo M01 a 34,76 años en el caso de la rehabilitación del muro de fachada tipo M06. El periodo de amortización de cubiertas varía de 2,9 años en el caso de la rehabilitación de la cubierta tipo C02 a 14,51 años en el caso de rehabilitación de la cubierta tipo C07.

Por norma general, las actuaciones de rehabilitación llevadas a cabo en aquellos elementos que tengan una alta transmitancia térmica siempre serán más eficientes que aquellas actuaciones llevadas a cabo en elementos de baja transmitancia térmica.

Casco histórico y características particulares de Cáceres

El Centro Histórico de Cáceres, al igual que otros centros históricos, ha dejado de ser el centro urbano a nivel económico y funcional pero que todavía conserva la centralidad histórica y cultural, pero presenta una serie de circunstancias (morfología, características urbanas y sociales) que lo hacen poco atractivo para la atracción de nuevos habitantes:

- Deterioro material. Existen viviendas deterioradas y vacías, espacios obsoletos, infraestructuras urbanas deficientes, etc., que no responden a las necesidades actuales de la población ni a su bienestar, esto provoca que, por regla general, la población residente sea una población sin muchos recursos o una población envejecida. La dificultad para la rehabilitación de estas viviendas para la exigencia de la vida moderna y la preferencia de la población más joven en asentarse en nuevas áreas suburbanas contribuyen a este deterioro físico.

- Tráfico. Las calles del Centro Histórico de Cáceres lógicamente no fueron pensadas para la circulación de vehículos de motor: estrechez de las calles, problemas de aparcamiento, trazado y pavimento irregular, deficiente servicio de transporte público y en general la dificultad de accesibilidad y movilidad suponen una seria desventaja en la recuperación del Centro Histórico como centro funcional.

Aunque el proceso de revitalización de estos centros

(the case of C01 with space under the roof, where there is less potential for energy saving) to 2448.97 kWh/year and a saving of 369.54 €/year (the case of C07), achieving maximum saving in the restoration of case C02 (roof with plates of fibre cement) of 9962.91 kWh/year and therefore a saving of 1503,40 €/year.

After the analyses had been carried out it was found that the repayment time for roof restorations is noticeably lower than that for façade walls. The repayment period for façade walls varies from 8.73 years in the case of the restoration of façade wall type M01 to 34.76 years in the case of the restoration of façade wall type M06. The repayment period for roofs varies from 2.9 years in the case of the restoration of roof type C02 to 14.51 years in the case of the restoration of roof type C07.

As a general rule the restoration projects executed in elements with a high thermal transmittance will always be more efficient than those carried out in elements with a low thermal transmittance.

Historical city centre and special features of Cáceres

In the same way as other historical centres, that of Cáceres is no longer the urban centre at an economic and functional level but still retains its historical and cultural importance. However, it has a series of features (morphology, urban and social characteristics) that make it unattractive to new inhabitants:

- Deterioration. There are dilapidated and empty buildings, obsolete spaces, deficient urban infrastructures, etc., which do not meet the current needs of the population or its wellbeing. This means that as a rule the resident population has few economic resources or consists of elderly people. The difficulty of restoring these dwellings so as to adapt them to the requirements of modern life and young people's preference for living in new suburban areas contribute towards this physical deterioration.

- Traffic. The streets of the historical city of Cáceres were never intended for motor vehicles. The narrowness of the streets, their layout, parking problems, irregular paving, the deficient public transport system, and in general the difficulties of accessibility and mobility represent serious disadvantages to the recovery of the historical centre as a functional unit.

Although the process of the revitalisation of these historical centres is very difficult to implement nowadays, we may hope that future policies of urban restoration and renovation will encourage the complete renovation of their buildings and the urbanisation of deteriorating spaces.

históricos es hoy en día muy complicado, cabe pensar que las futuras políticas de rehabilitación y renovación urbana deberían fomentar la rehabilitación integral de edificios y la urbanización de espacios en procesos de deterioro.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

BESTRATEN, S.; HORMÍAS, E.; ALTEMIR, A. (2011): "Construcción con tierra en el siglo XXI". En Revista de Informes de la Construcción, vol. 63, 523. Madrid. Pp: 5-20.

CEPS. Centro de Estudios de Políticas Europeas (2007): "Tackling Climate Change". Informe. [En línea]: Última consulta: 29-12-2013, disponible en: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/index_en.htm.

DOMÍNGEZ, M.; GARCÍA, D. (2013): "La impedancia térmica de los cerramientos. Nuevo concepto que puede facilitar de forma considerable el ahorro energético". En revista NA, nº10. Madrid. Pp 69-84.

SANTAMARÍA, J. (2013): "Centros históricos: Análisis y perspectivas desde la Geografía". En revista GeoGraphos, vol. 4, nº 37. Alicante. Pp. 115137.

Análisis del comportamiento térmico de forjados mixtos colaborantes ligeros mediante simulación numérica

Thermal analysis of lightweight composite slabs by numerical simulation

Felipe Pedro Álvarez Rabanal¹, Juan José Del Coz Díaz¹, Mar Alonso-Martínez¹, Antonio Navarro-Manso¹, Alfonso Gerónimo Lozano Martínez-Luengas¹

RESUMEN

Hoy en día, aproximadamente un 40% de los nuevos edificios que se construyen en la UE utilizan forjados mixtos. Pese a esta situación, en nuestro país la utilización de esta solución constructiva se focaliza en el ámbito industrial y en estructuras de edificación donde no es viable la ejecución de otro tipo de forjados. Uno de los factores más influyentes en su poca utilización es la escasa información disponible sobre sus propiedades, tanto térmicas como estructurales y de resistencia al fuego, así como la escasa tradición de construcción industrializada en nuestro país. Los resultados de estudios como el que se plantea y su divulgación son la base para poder paliar el hecho de una insuficiente normativa nacional y de la escasa información disponible sobre una de las soluciones constructivas más utilizadas en el resto del mundo.

El objetivo que se pretende conseguir con este trabajo es abordar el estudio del comportamiento térmico de forjados mixtos colaborantes fabricados con secciones de acero de pared delgada y hormigones ligeros, tanto estructurales (HLE/LWC) como no estructurales (HL). Para lograr este objetivo se han estudiado diferentes forjados mixtos empleando novedosas técnicas avanzadas de simulación, optimización y ensayo.

En primer lugar, se han caracterizado térmicamente los hormigones ligeros y los materiales empleados en los forjados colaborantes mediante ensayos no destructivos. Para ello se ha empleado la novedosa técnica de la fuente plana transitoria modificada.

En segundo lugar, se han llevado a cabo modelos numéricos con diferentes geometrías y combinaciones de materiales, teniendo en cuenta sus propiedades térmicas. En el estudio numérico del problema de transferencia de calor en estado estacionario se ha utilizado el método de los elementos finitos, considerando fenómenos térmicos no-lineales, tales como la convección y radiación en los huecos del forjado, así como la conducción entre materiales en contacto. El estudio se realiza para el caso de flujo térmico ascendente y descendente, calculándose los valores de transmitancia térmica del forjado en ambas direcciones.

Finalmente, se presentan los resultados más relevantes obtenidos en las simulaciones y se realiza una verificación del cumplimiento de los requisitos especificados en la última revisión del Código Técnico en la Edificación [1], tanto para particiones interiores como para la envolvente térmica del edificio.

Los resultados de este estudio demuestran la buena eficiencia térmica que se consigue con estas soluciones constructivas lo que, unido a su mayor ligereza, hace que sean una buena alternativa a los forjados tradicionales.

La finalidad de este trabajo es la de impulsar el desarrollo de nuevos tipos de forjados industrializados ligeros de altas prestaciones y fomentar su uso masivo en construcción, considerando que las buenas propiedades aislantes y la reducción de peso en las estructuras permitirán un importante ahorro energético y de consumo de recursos, consiguiendo así un mejor aprovechamiento en este tipo de soluciones constructivas.

Palabras clave: eficiencia energética, arquitectura sostenible, construcción industrializada, aislamiento térmico

Keywords: energy efficiency, sustainable architecture, industrialized construction, thermal insulation

(1) Universidad de Oviedo, GICONSIM Research Group, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón, Asturias (España)

E: felipe@constru.uniovi.es

Introducción

Los forjados mixtos aparecen en Estados Unidos en los años 30 pero no llegan a Europa hasta 1969. En la actualidad es una de las soluciones más utilizadas en todo el mundo, sobre todo en la construcción de edificaciones de varios pisos, pero la falta de normativa nacional y la escasa información de sus propiedades dificultan su aplicación en nuestro país. La única norma aplicable a este tipo de forjados es el Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón, en el que se dan las bases de cálculo y las condiciones que estos deben cumplir.

Los forjados mixtos colaborantes se componen de una fina chapa nervada de acero galvanizado conformada en frío de 0.75 a 1.5 mm de espesor que, apoyada sobre la viga de la estructura, ejerce las funciones de encofrado perdido autoportante y armadura de tracción del forjado. Sobre este forjado se vierte el hormigón fresco durante el proceso constructivo, a modo de losa de compresión. Por lo general, se coloca un mallazo, próximo a la cara superior de la losa, para repartir cargas y absorber esfuerzos de retracción y temperatura. Esta técnica constructiva reduce notablemente el tiempo de construcción y permite la disminución del canto útil del forjado, con la consiguiente reducción de carga permanente que la estructura tiene que soportar.

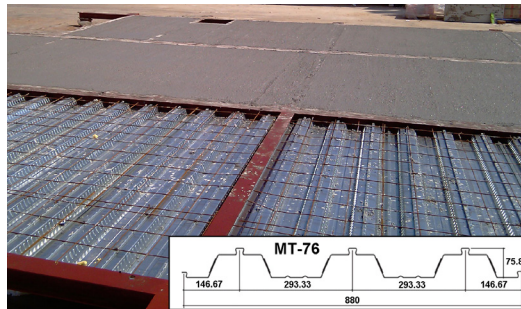


Fig. 1. Fabricación de un forjado colaborante industrializado (Fuente: Modultec Modular Systems)

Manufacturing of an industrialized composite deck slab (Source: Modultec Modular Systems)

La Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía» [1] convirtiéndolo en más restrictivo que el anterior en materia de eficiencia energética, relacionando la transferencia de calor con la zona climática de la edificación. En este trabajo se estudiarán diferentes soluciones constructivas y se determinará su capacidad para dar cobertura en alguno de los casos contemplados en la Norma actualizada (ver Tabla 1).

El uso de modelos de elementos finitos en la resolución de problemas térmicos ya ha sido utilizado con éxito por el grupo investigador, tanto en casos de forjados realizados con bovedillas [2] como en muros de bloques huecos [3]. En la actualidad alguno de los últimos trabajos sobre forjados mixtos incluye estudios sobre su capacidad térmica [4], pero la investigación en este campo es claramente insuficiente..

Caracterización térmica de los materiales

Con el fin de determinar las propiedades térmicas de los materiales se ha utilizado un sistema de Ensayo No Destructivo (NDT) basado en la técnica modificada de la fuente plana transitoria, contemplada en la norma ISO/DIS 22007-2.2. En este estudio se ha usado el analizador de conductividad térmica TCI de C-Therm, el cual, mediante un sensor reflector de calor de una sola cara, aplica una fuente de calor constante a la muestra de forma controlada,

Introduction

The appearance of composite slabs is dated on 30s in the United States, but it was on 1969 when this system reached Europe. Currently, this type of slabs is very used around the world, especially in the construction of multi-storey buildings. However, the lack of national standards as well as the limited knowledge about their properties and construction rules are the main issues of their application in Spain. The unique standard which is applicable to this type of composite floors is the Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures, where the bases of calculation as well as the conditions which must comply are given.

The composite slabs are made of cold-formed galvanized steel decking of 0.75 to 1.5 mm thick and concrete. The steel deck works as formwork of the concrete structure and is able to support the positive bending of the slab. The wet concrete is added to the formwork as a compression slab. Generally, a reinforcement bars is placed on the upper side of the slab in order to distribute the loads and bear other efforts such as thermal stress or retraction. These systems are able to increase the speed of construction and decrease the depth of the slab. In this sense, the dead load of the main structure is also reduced.

The Basic Document DB-HE «Energy savings» was updated through the FOM/1635/2013 [1] in September 10th. This new document was more restrictive in terms of energy efficiency taking into account the building heat transfer for each climatic zone of Spain. In this work, several constructive models are studied in order to achieve the new energy efficiency conditions (see Table 1).

Caso/Case	Transmitancia térmica/Thermal transmittance (W/m ² K)				
	Zona climática de invierno/Winter climate zone				
	A	B	C	D	E
C ₁	0.80	0.65	0.50	0.40	0.35
C ₂	1.25	1.10	0.95	0.85	0.70
C ₃	1.80	1.55	1.35	1.20	1.00

C₁, Cubiertas y suelos en contacto con el aire /Roofs and floors in contact with air.
C₂, Interiores cuando delimiten unidades de distinto uso /Indoor when delimiting units of different designation.
C₃, Interiores cuando delimiten unidades del mismo uso /Indoor when delimiting units of the same designation.

Tabla 1. Transmitancia térmica límite de particiones horizontales según la Norma actualizada DB-HE [1]

Thermal transmittance of horizontal partitions according to the updated DB-HE Standard [1]

This research group has a relevant experience in thermal analysis of constructive elements using Finite Element Method (FEM). In this sense, since 2010 thermal efficiency among floors made of multi-holed blocks was tackled [2]. Furthermore, the hygrothermal performance of light weight hollow bricks for walls was also studied by numerical methods [3]. Currently, although the thermal analysis of construction elements is very important, only a few works about composite slabs include these investigations [4].

Thermal characterization of materials

In order to determine the thermal properties of the materials, a Non Destructive Test (NDT) system based on the modified transient plane source technique, following the ISO/DIS 22007-2.2, has been used. In this sense, a TCI equipment by C-Therm was used as thermal conductivity testing instrument. This device applies a momentary and constant heat source to the sample through a one-side, interfacial and heat reflectance sensor. The thermal conductivity and effusivity of the material are measure direct and quickly (see Figure 2).



Fig. 2. Equipo TCI (abajo) y ensayo de caracterización térmica de los HLE (arriba), EPS (centro) y AISLONE (derecha).
TCI equipment (below) and thermal characterization of LWC (left), EPS (center) and AISLONE (right).

mediando de manera directa tanto la conductividad como la efusividad térmica del material (ver Figura 2).

En la siguiente tabla se muestran las propiedades térmicas de los materiales obtenidas mediante los NDT y que se han utilizado posteriormente en las simulaciones numéricas.

Tabla 2. Propiedades de los materiales
Material properties

Table 2 shows the thermal properties of the different materials measured by NDT. These values were used as input data of the materials used in the numerical simulations.

Material/Material	Densidad/Density (kg/m ³)	Conductividad térmica/Thermal Conductivity (W/mK)
Acero /Steel	7850	60.5
AISLONE (Weber ©)	160	0.045
EPS	15	0.04
Placas de Yeso Laminado /Plasterboards	832	0.25
Hormigón Normal (HN) /Normal Weight Concrete (NWC)	2400	1.6
HLE /LWC - 25	1622	0.70
HL /LWC - 15	1410	0.39

Modelos numéricos y discusión de los resultados

Se han realizado cuatro modelos geométricos con espesores comprendidos entre 150 mm (S) y 300 mm (L), combinando diferentes materiales (ver Tabla 2). Los modelos de losa diseñados son los siguientes:

- MODELO I: Forjado Tradicional macizo (TS) de HN con una placa de yeso laminado de 15 mm de espesor en la parte inferior.
- MODELO II: Forjado mixto compuesto por una losa de HN sobre una chapa colaborante (CS), con una placa de yeso laminado de 15 mm de espesor en la parte inferior.
- MODELO III: Forjado mixto compuesto por una losa de HLE-25 sobre una chapa colaborante (CS), con una placa de yeso laminado de 15 mm de espesor en la parte inferior.
- MODELO IV: Forjado mixto de HLE-25 con dos placas de EPS de 10 mm de espesor en el interior, la primera en línea con el canto superior del forjado y la segunda equidistante entre la cota de vertido a este punto y la cota final.
- MODELO V: Igual que el MODELO III, con HL-15.
- MODELO VI: Igual que el MODELO IV, con una capa de mortero de baja densidad (AISLONE ©) de 30 (SA) y 100 (LA) mm de espesor sobre la superficie del HLE-25.
- MODELO VII: Igual que el MODELO VI, con HL-15.

Las condiciones de contorno para una temperatura ambiente de 22 °C, según la norma UNE-EN ISO 6946:2012 [5], son:

Analysis of problems commonly detected

In this work four geometrical models between 150 mm (S) and 300 mm (L) thick and different materials (see Table 2) were used. The design slab models are the followings:

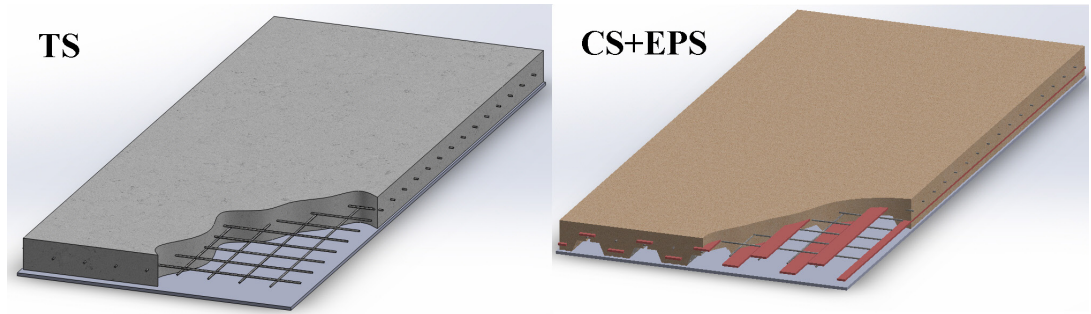
- MODEL I: Traditional slab (TS) of NWC with a 15 mm thick plasterboard.
- MODEL II: Composite slab made of NWC over a steel deck (CS) with a 15 mm. thick plasterboard.
- MODEL III: Composite slab made of structural light weight concrete (LWC-25) over a steel deck (CS).
- MODEL IV: Composite slab made of structural light weight concrete (LWC-25) with two EPS sheets inside. The first sheet is located over the wire mesh reinforcement at the upper face of the slab and the second shell is located between the above sheet and the floor face.
- MODEL V: The same as the MODEL III with non structural light weight concrete (LWC-15).
- MODEL VI: The same as the MODEL IV with a layer of low density mortar (AISLONE ©) between 30mm (SA) to 100 mm. thick (LA) over a surface of structural light weight concrete (LWC-25).
- MODEL VII: The same as the MODEL VI with non structural light weight concrete (LWC-15).

The boundary conditions for an environmental temperature of 22° C and according to the Standard UNE-EN ISO 6946:2012 [5] are the following:

- Heat flux of 10 W/m² upward and downward.
- Convection coefficient of 10 W/m²°C for the upward

Fig. 3. Modelos geométricos: forjado tradicional (izda.) y forjado mixto con EPS (dcha.).

Geometrical models: traditional slab (left) and composite slab with EPS (right).



- Flujo térmico (10 W/m²), en dirección ascendente o descendente.

- Coeficiente de convección de 10 W/m²°C para flujo ascendente y de 5.88 W/m²°C para flujo descendente en las caras opuestas al flujo térmico.

- Coeficientes de convección y radiación (W/m²°C) en los huecos del forjado mixto con los valores indicados en las imágenes de la Figura 4 (C para huecos grandes; D y E para huecos pequeños).

Se han estudiado las soluciones correspondientes a cada uno de los modelos (MODELO I a MODELO VII). En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos y las zonas climáticas de invierno establecidas en la revisión de la Norma [1] en las que serían de aplicación los modelos estudiados.

Las condiciones de contorno para una temperatura ambiente de 22 °C, según la norma UNE-EN ISO 6946:2012 [5], son:

- Flujo térmico (10 W/m²), en dirección ascendente o descendente.

- Coeficiente de convección de 10 W/m²°C para flujo ascendente y de 5.88 W/m²°C para flujo descendente en las caras opuestas al flujo térmico.

- Coeficientes de convección y radiación (W/m²°C) en los huecos del forjado mixto con los valores indicados en las imágenes de la Figura 4 (C para huecos grandes; D y E para huecos pequeños).

Se han estudiado las soluciones correspondientes a cada uno de los modelos (MODELO I a MODELO VII). En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos y las zonas climáticas de invierno establecidas en la revisión de la Norma [1] en las que serían de aplicación los modelos estudiados.

En la figura 5 se puede observar que la transmisión térmica a través de un forjado mixto colaborante es diferente en función de la dirección del flujo.

flux and 5.88 W/m²°C for the downward flux. This coefficient is applied in the opposite side of the heat flux.

- Convection and radiation coefficients (W/m²°C) inside the holes of the composite slab. The values of these coefficients are shown in Figure 4 (C for large recesses; D and E for small recesses).

The solutions of each model (MODEL I to MODEL VII) have been studied. In Table 3, the results obtained are shown. Furthermore, this table indicates the climatic zone, taking into account the wintertime, where each slab model can be applied according to the revised Standard [1].

The boundary conditions for an environmental temperature of 22° C and according to the Standard UNE-EN ISO 6946:2012 [5] are the following:

- Heat flux of 10 W/m² upward and downward.

- Convection coefficient of 10 W/m²°C for the upward flux and 5.88 W/m²°C for the downward flux. This coefficient is applied in the opposite side of the heat flux.

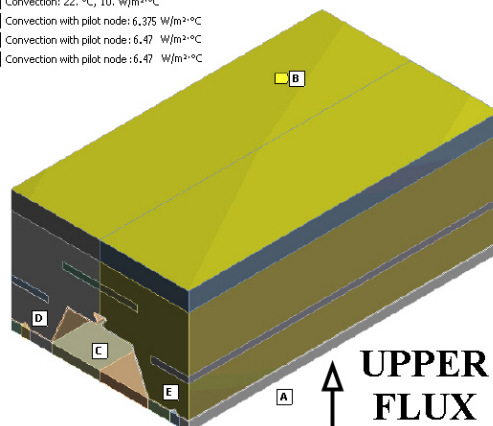
- Convection and radiation coefficients (W/m²°C) inside the holes of the composite slab. The values of these coefficients are shown in Figure 4 (C for large recesses; D and E for small recesses).

The solutions of each model (MODEL I to MODEL VII) have been studied. In Table 3, the results obtained are shown. Furthermore, this table indicates the climatic zone, taking into account the wintertime, where each slab model can be applied according to the revised Standard [1].

Figure 5 shows that the thermal transmission through a composite slab for the two flux directions studied, upward and downward, are different.

The results obtained from the models (see table 3) achieve the following observations:

A Heat Flux: 10, W/m²
 B Convection: 22, °C, 10, W/m²°C
 C Convection with pilot node: 6,375 W/m²°C
 D Convection with pilot node: 6,47 W/m²°C
 E Convection with pilot node: 6,47 W/m²°C



A Heat Flux: 10, W/m²
 B Convection: 22, °C, 5,88 W/m²°C
 C Convection with pilot node: 5,15 W/m²°C
 D Convection with pilot node: 4,77 W/m²°C
 E Convection with pilot node: 4,77 W/m²°C

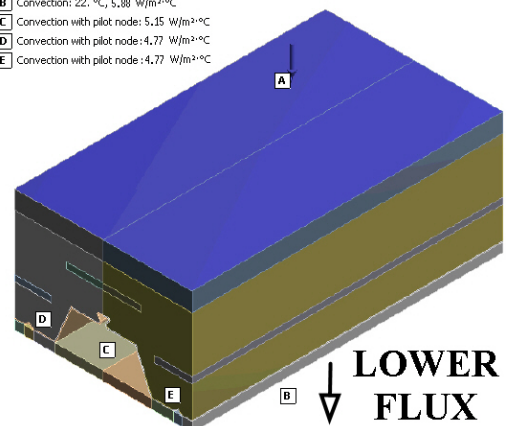


Fig. 4. Condiciones de contorno para flujo ascendente (izda.) y descendente (dcha.).

Boundary conditions for upward (left) and downward (right) heat flux.

MODELO /MODEL	Espesor /Thick (mm)		Peso /Weight (kg/m ²)	Transmitancia térmica /Thermal transmittance (W/m ² K)		Zonas climáticas /Climate zones
				Flujo térmico ascendente /Upward heat flux	Flujo térmico descendente /Downward heat flux	
I	S	150	372	6.5	6.5	Ninguna/None
	L	300	732	4.04	4.04	Ninguna/None
II	S	150	320	4.24	4.46	Ninguna/None
	L	300	681	3.04	3.15	Ninguna/None
III	S	150	226	3.10	3.20	Ninguna/None
	L	300	469	1.86	1.90	Ninguna/None
IV	S	150	212	2.45	2.47	Ninguna/None
	L	300	456	1.64	1.65	C ₃ : A
V	S	150	200	2.30	2.35	Ninguna/None
	L	300	412	1.24	1.25	C ₂ : A C ₃ : A, B, C
VI	S+S _A	150+30	217	0.93	0.94	C ₂ : A, B, C C ₃ : A, B, C, D, E
	L+L _A	300+100	472	0.34	0.35	Todas/All
VII	S+S _A	150+30	193	0.831	0.835	C ₂ : A, B, C, D C ₃ : A, B, C, D, E
	L+L _A	300+100	416	0.31	0.32	Todas/All

Tabla 3. Resultados de las simulaciones y zonas climáticas de aplicación

Simulation results and climatic zones of use

En base a los resultados obtenidos en los diferentes modelos (ver tabla 3), se observa que:

- Respecto al forjado tradicional (MODELO I), el uso de forjado mixto (MODELO II) supone una reducción del 11 % en peso y un ahorro energético del 30 %. Esto es debido al efecto de los huecos situados en la parte inferior del forjado. El uso de hormigones ligeros en los CS da lugar a disminuciones de peso del 38% (HLE-25) y del 45% (HL-15), así como ahorros energéticos del 53% (HLE-25) y del 67% (HL-15).
- Respecto al forjado mixto (MODELO II), el uso de hormigones ligeros supone una reducción del peso de la estructura entre el 30% (HLE-25) y el 38% (HL-15), y un ahorro energético entre el 33% (HLE-25) y el 52%(HL-15) respecto al empleo de hormigón normal.
- El uso del EPS en CS (MODELOS IV, VI y VII) supone una disminución del 4% en el peso. La influencia en el ahorro energético es muy variable, en función del espesor de hormigón, siendo del 21 % para un espesor de 150 mm y del 12% para espesores de 300 mm.

- Related to the traditional slab (MODEL I), the use of composite slabs (MODEL II) reach weight savings of 11% and energy savings of 30%. These effects are due to the influence of the recesses placed in the low side of the slab. Furthermore, the use of light weight concrete provide reductions of 38% for structural light weight concrete (LWC-25) and 45% for non structural (LWC-15), as well as energy savings between 53% for LWC-25 and 67% for LWC-15.

- Respect to the composite slab (MODEL II), the use of light weight concrete decrease the weight of the structure in a 30% for structural light weight concrete (LWC-25) and a 38% for non structural (LWC-15), besides an energy saving of 33% for LWC-25 and 52% for LWC-15 respect to the NWC.

- The use of expanded polystyrene (EPS) in composite slabs (MODELS IV, VI and VII) decreases the weight of the component in a 4%. The influence of the EPS layers in the energy savings is variable depending on the thickness of concrete applied. For instance, a

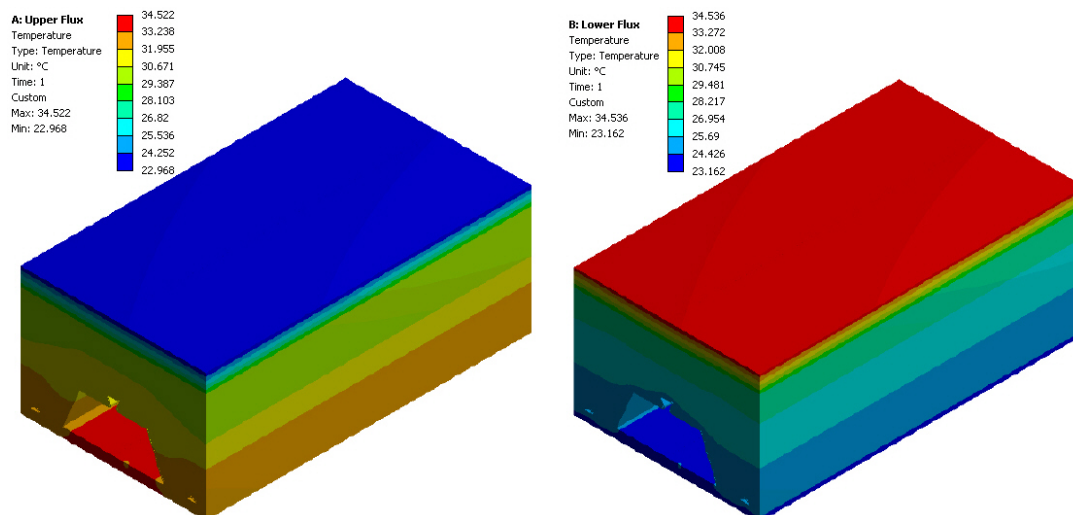


Fig. 5. Distribución de temperaturas a través de CS para flujo ascendente (izquierda) y descendente (derecha)

Thermal performance for upward (left) and downward (right) heat flux

- Respecto a los Hormigones Ligeros, la utilización de un HL no estructural (HL-15 en MODELOS V y VII) supone un 11% de reducción en peso respecto al estructural (HLE-25 en MODELOS III, IV y VI). Respecto del ahorro energético, en uso de HL permite conseguir disminuciones comprendidas entre el 10 y el 30%, dependiendo de la capa de mortero aislante sobre el forjado.

- Respecto al cumplimiento de la Norma [1], los MODELOS VI y VII permiten la aplicación de CS para particiones interiores (S+SA) o incluso en todos los casos contemplados (L+LA). Los MODELOS IV y V con un espesor del hormigón ligero de 300 mm y sin la capa de AISLONE tendrían aplicación únicamente para particiones interiores de alguna de las zonas climáticas. El resto de soluciones estudiadas no cumplirían los requisitos mínimos impuestos en la Norma.

Conclusiones

En este trabajo se han caracterizado con éxito las propiedades térmicas de nuevos forjados ligeros, demostrando su capacidad de conseguir importantes ahorros energéticos y reduciendo el consumo de recursos.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir que:

- En comparación con el forjado tradicional, el forjado mixto supone un ahorro significativo tanto desde el punto de vista energético como del peso de la estructura. Asimismo, la utilización de hormigones ligeros hace que este sistema alcance su máxima eficiencia.
- La utilización de TS y de CS con hormigones normales queda totalmente descartada, considerando tanto el peso como las exigencias térmicas impuestas en la revisión de la Norma [1].
- El uso de HL no estructurales en CS supone una mejora en el peso y en la eficiencia térmica del forjado respecto a los HLE. Sin embargo, la aplicación de una capa de mortero aislante reduce significativamente la influencia del tipo de hormigón ligero en la transmitancia térmica del elemento.
- El empleo de láminas interiores de EPS no afecta significativamente al peso de la estructura, aunque desde el punto de vista energético se recomienda su utilización en forjados mixtos que no posean importantes espesores de hormigón.
- La aplicación de un mortero aislante de baja conductividad térmica sobre la parte superior de la capa de hormigón ligero es necesaria para cumplir los requisitos impuestos por la Normativa [1] en las distintas zonas climáticas.
- Se pueden considerar los MODELOS V y VI (S+SA), con espesores del hormigón de 150 mm y capa de AISLONE de 30 mm, como los más eficientes térmica y estructuralmente, y se recomienda su aplicación en particiones interiores (C2 y C3) en todas las zonas climáticas de España.

Como conclusión final de este trabajo se puede afirmar que las soluciones constructivas basadas en los forjados mixtos colaborantes pueden cumplir con los nuevos requisitos de aislamiento térmico impuestos en todas las zonas climáticas de España, tanto para particiones interiores como exteriores.

21% energy saving can be reach with 150 mm. thick of concrete, while this value decreases to 12% for 300 mm thick.

- Comparing the structural light weight concrete (LWC-25) and the non-structural one (LWC-15), it has been proved that LWC-15 allows a weight reduction of 11%. From the energy efficiency point of view, the light weight concrete allow savings between 10% and 30% depending on the width of the insulation mortar applied over the slab.

- Taking into account the compliance of the Standard [1], MODELS VI and VII are valid for interior partitions (S+SA) and the mostly of the studied cases (L+LA). MODELS IV and V of 300 mm. thick light weight concrete without AISLONE layer are not appropriate to all climatic zones. As it is shown in table 3, some models are not able to compliance with the Standard.

Conclusions

In this work, the thermal properties of new composite lightweight slabs have been obtained, besides to demonstrate the weight and energy savings of these constructive elements.

The main conclusions of this work are the followings:

- The composite slabs imply an important weight and energy savings. Furthermore, the maximum efficiency is achieved with the use of light weight concrete.
- The construction of traditional slabs as well as composite slabs made of NWC is dismissed because of the noncompliance with the requirements of the Standard [1].
- The thermal efficiency and also the total weight of the structure are improved by using non-structural lightweight concrete (LWC-15) instead of structural one (LWC-25). However, the application of an insulation mortar layer over the slab is able to reduce the influence of the type of concrete in the thermal behavior of the slab.
- The use of EPS layers is recommended for composite slabs with small thickness of concrete. Furthermore, including EPS layers inside the composite slab, the total weight of the slab is not reduced too.
- In order to compliance with the current Standard for different climatic zones [1], a layer of insulation mortar with a low thermal conductivity must be applied over the upper side of the lightweight concrete.
- The most efficiency models are MODEL V and VI (S+SA) with 150 mm thick of concrete and an AISLONE layer of 30 mm. These models are recommended for internal partitions (C2 and C3) in all climatic zones of Spain.

As final conclusion, this work demonstrates that constructive solutions based on composite slabs are able to compliance the new thermal insulation restrictions in all climate zones in Spain for both internal and external partitions.

Acknowledgements

The authors wish to acknowledge support provided by the GICONSIME Research Team in the University of Oviedo and the financial support provided by the FICYT and the Spanish Ministry of Science and Innovation through the research

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo prestado por el grupo de investigación GCONSIME de la Universidad de Oviedo y la financiación de la FICYT y el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de los proyectos cofinanciados con Fondos FEDER: FC-10-EQUIP10-17 y BIA2012-31609. También queremos agradecer a Swanson Analysis por el uso del programa ANSYS v12 en su versión universitaria y a las empresas Modultec Modular Systems y St. Gobain Weber por su apoyo y la utilización de sus productos.

projects co-financed with FEDER funds: FC-10-EQUIP10-17 and BIA2012-31609. We also thank Swanson Analysis Inc. for the use of ANSYS v12 University Research program and Modultec Modular Systems and St. Gobain Weber LTD for the support provided and the use of their products.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

Documento Básico HE. Ahorro de energía. BOE, nº 219, sección I, pp. 67140-67209 (12 sept. 2013).

J.J. del Coz Díaz, P.J. García Nieto, J. Domínguez Hernández, F.P. Álvarez Rabanal. A FEM comparative analysis of the thermal efficiency among floors made up of clay, concrete and lightweight concrete hollow blocks. *Applied Thermal Engineering*, Vol. 30, (17–18), pp. 2822-2826, 2010.

J.J. del Coz Díaz, F.P. Álvarez-Rabanal, O. Gencel, P.J. García Nieto, M. Alonso-Martínez, A. Navarro-Manso, B. Prendes-Gero. Hygrothermal study of lightweight concrete hollow bricks: A new proposed experimental–numerical method. *Energy and Buildings*, Vol. 70, pp. 194-206, 2014.

B. Doering, C. Kendrick, R.M. Lawson. Thermal capacity of composite floor slabs. *Energy and Buildings*, Vol. 67, pp. 531-539, 2013.

UNE-EN ISO 6946:2012. Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo. (ISO 6946:2007).

Planteamiento innovador para la rehabilitación energética de casas en hilera históricas de Dublín mediante SATE con extracción localizada integrada

Innovative large-scale approach to external wall insulation retrofit of historic Dublin terraces with integrated extract ventilation

Beñat Arregi Goikolea¹, Joseph Little²

RESUMEN

The built environment is in a state of change. Irish building regulations, driven by EU policy, are moving towards a nearly zero-energy standard for all new buildings. However, in the current context, the impact of new-build in reducing overall greenhouse gas emissions is limited. Ireland's per capita emissions are among the highest of all developed countries, and existing buildings account for an important share. Moreover, in cities like Dublin historic buildings form a significant part of the building stock, and if no action is taken they could potentially hinder the achievement of national energy efficiency targets. In the European context, the EU is funding several research schemes aimed to explore and resolve the tension between the objectives of energy efficiency and building conservation.

The present paper introduces parts of the Built to Last body of research carried out for Dublin City Council. This research examines approaches to achieving reasonable standards of energy efficiency in pre-1945 dwelling types of historic significance. While the issues being addressed are common to many European cities, the context of Dublin is quite unique: apartment buildings are largely absent from the urban fabric, and the dominant dwelling typology of the city has consistently been the own-front-door house regardless of scale and construction system.

The study identifies that a significant proportion of Dublin districts in fuel poverty are built as long two-storey terraces with rendered concrete walls. These dwellings are located in the inner suburbs, in excellent location in terms of access to the city and public services, and their occupants often form vibrant communities.

An innovative proposal is presented for carrying out large-scale energy retrofits to these terraces. The interventions feature an innovative integration of external wall insulation with extract ventilation, and are designed to improve the energy efficiency of each dwelling while ensuring minimal disruption inside the home. The scale of the works facilitates higher quality work, lower cost, and greater control and cohesion of the resulting architectural character, compared to standalone retrofits. The proposal shown here is ideally suited to being trialled, and if successful, could play a significant role in mitigating fuel poverty in Dublin suburbs and provide a valuable model for district-wide improvements in energy efficiency for terraced housing while maintaining the original architectural character.

Palabras clave: Rehabilitación energética, SATE, sostenibilidad urbana, patrimonio, pobreza energética

Key words: Energy retrofit, external wall insulation, urban sustainability, heritage, fuel poverty

(1) Building Life Consultancy, 10 North Great George's Street, Dublin (2) Building Life Consultancy, 10 North Great George's Street, Dublin. E: bennatarregi@gmail.com

Introducción

Irlanda está vinculada por las directivas de la UE a cumplir con el objetivo de incrementar su eficiencia energética en un 20% antes de 2020. Sus emisiones per cápita de gases de efecto invernadero están entre los más altos de todos los países desarrollados, y gran parte de su consumo energético proviene del sector residencial. La próxima revisión de la normativa de construcción irlandesa requerirá que toda nueva edificación cumpla con un estándar de consumo de energía casi nulo. Sin embargo, el acusadísimo descenso en la construcción de vivienda nueva en los últimos años limita enormemente el impacto de esta política (1). En términos prácticos, la responsabilidad de reducir la demanda energética del sector recaerá en gran medida en la rehabilitación energética de las construcciones existentes.

Niveles de eficiencia energética que hasta hace pocos años ni siquiera se contemplaban para viviendas nuevas son ahora exigidos para rehabilitaciones de viviendas históricas, y en muchos casos materiales modernos (tales como aislantes, membranas o impregnaciones) se emplean sobre construcciones tradicionales de manera inadecuada. Como respuesta a la tensión entre la eficiencia energética y la conservación del patrimonio, la UE ha financiado varios programas de investigación (2) para tratar de explorar y resolver estas problemáticas que afectan a tantas ciudades históricas europeas.

En este contexto, los autores de esta comunicación están trabajando para el Ayuntamiento de Dublín en el proyecto de investigación Built to Last, que explora estrategias para lograr niveles razonables de eficiencia energética para viviendas anteriores a 1945 consideradas de importancia histórica. Esta comunicación presenta parte de la investigación llevada a cabo para este proyecto.

Contexto urbano y social de Berlín

Una particularidad de Dublín es que apenas presenta edificios de vivienda colectiva, tan frecuentes en el núcleo urbano de la mayoría de ciudades europeas. La casa individual es la pieza básica del tejido urbano de Dublín, y se ha ido adecuando a las necesidades de sus habitantes a través de los siglos. Más allá de las variaciones en la escala y el programa arquitectónico, la mayoría de las viviendas dublinesas muestra una notable similitud tipológica, con las circulaciones (pasillo y escalera) alineadas con la puerta de entrada y separadas por un muro de carga de dos estancias principales en planta baja, orientadas a sendas fachadas.

En los últimos años, la crisis económica y el aumento del precio de los combustibles están arrastrando a muchos hogares irlandeses a la pobreza energética (3). Combinando datos del censo y aplicaciones SIG, Gamma Ltd y la Universidad de Úlster han creado recientemente un mapa de pobreza energética de Irlanda (4) con un nivel de detalle que posibilita identificar agrupaciones de viviendas. Estos instrumentos cartográficos pueden ser una poderosa herramienta en manos de responsables políticos, autoridades locales, organismos de vivienda y funcionarios de salud pública, con vistas a implementar políticas que mitiguen la pobreza energética y permitan la creación de un parque de viviendas más uniformemente eficiente.

En la ciudad de Dublín, el mencionado mapa (Fig. 1 izda.) muestra un arco de tonos amarillos, anaranjados y rojizos

Introduction

Ireland is bound by EU policy to achieve a headline target of a 20% improvement in energy efficiency by 2020, and to pave the way for further improvements beyond that date. Ireland's current per capita greenhouse gas emissions are among the highest of all developed countries, and the residential sector accounts for a great share of the total energy consumption. While the next revision of the Irish Building Regulations will require a nearly zero-energy standard for all new buildings, the practical impact of this policy is limited due to the dramatic drop in housing completions in recent years (1). The burden of reducing the energy demands of the built environment will largely lie in the energy efficient retrofit of the existing building stock.

Levels of energy efficiency that were not contemplated a few years ago for new dwellings are now routinely proposed for historic dwellings, and in many cases new building materials (whether insulants, membranes or treatments) are being applied to traditional forms of construction in an inappropriate way. Acknowledging the tension between energy efficiency and heritage conservation, the EU has funded several research schemes (2) that attempt to explore and resolve these issues, which are common to many European cities.

Within this global context, the authors of this paper have been appointed by Dublin City Council for the Built to Last research project, examining approaches to achieving reasonable standards of energy efficiency in pre-1945 residential dwellings of Dublin which may be of historic significance. This paper presents part of that research.

Urban and social context in Dublin

The apartment building, which forms the essential fabric of the city centre and inner suburbs of most European cities, is largely absent in Dublin. Instead the house, with its own foundations and roof overhead, has been the essential building block of the city as it has served the needs of the inhabitants of the city through the centuries. Despite great variations in scale and architectural programme, there is a remarkable continuity in the plan for most Dublin houses of any age: a stair hall axial to the entrance door is separated by a spine wall from two main rooms stretching from front to back of the property.

In recent times, the economic recession and rising fuel prices have pushed a great deal more Irish households into fuel poverty (3). Gamma Ltd and University of Ulster recently created a fuel poverty map of Ireland using census data and GIS applications (4) which is sufficiently detailed that specific clusters of houses can be identified. This kind of mapping gives policy makers, local authorities, housing bodies and public health officers a powerful tool to implement policies of outreach, fuel poverty eradication and a more uniformly energy efficient housing stock.

Looking at this map for Dublin (Fig. 1 left) one can see an arc of yellow, orange and red tones in the inner suburbs of the city, showing higher likelihood of fuel poverty. A second map created by the authors of this paper (Fig. 1 right) identifies areas of rendered terraced houses and correlates these with the fuel poverty indexing of the map in Fig. 1 left. Most of these houses are built with solid walls and therefore cannot avail of cavity insulation with blown bead, the cheapest wall upgrade with fastest payback; their walls can only be upgraded by internal or external wall insulation works. Despite the above, large scale prefabrication could play a role in energy efficient upgrade works, greatly

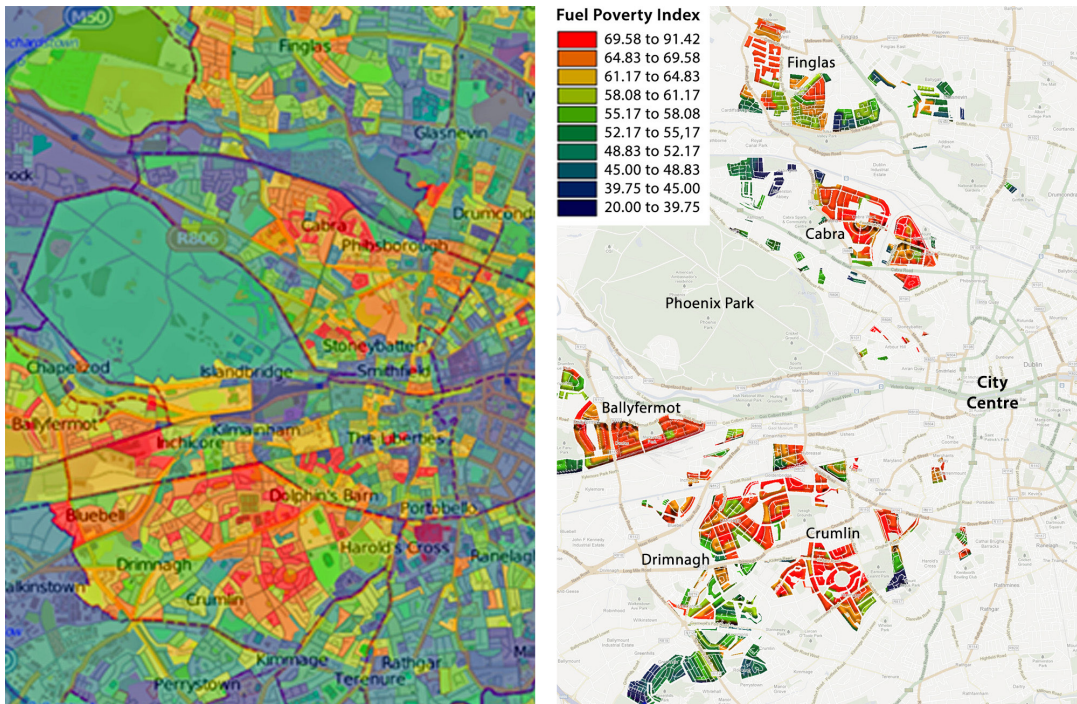


Fig. 1. (Left) Fuel poverty map for Dublin, image courtesy of Gamma Ltd & Ryan Walker, UU (c) 2013 all rights reserved. (Right) Correlation of 20th century rendered terraces and fuel poverty in Dublin, image courtesy of Building Life Consultancy

(Izquierda) Mapa de pobreza energética de Dublín, imagen cortesía de Gamma Ltd y Ryan Walker, UU (c) 2013 Todos los derechos reservados. (Derecha) Correlación entre casas en hilera del siglo XX con acabado enfoscado y riesgo de pobreza energética, imagen cortesía de Building Life Consultancy

en los barrios que rodean el centro urbano, indicando un mayor riesgo de pobreza energética. Un segundo mapa (Fig. 1 dcha.), creado por los autores de este artículo, revela la correlación entre alto riesgo de pobreza energética y la tipología de viviendas en hilera con acabado enfoscado. La mayoría de estas últimas están construidas con muros macizos y por tanto no disponen de una cámara que pueda ser aislada (la intervención más barata y de más rápida amortización); el aislamiento solo puede instalarse por el exterior o por el interior. Sin embargo, la prefabricación a gran escala podría desempeñar un rol sustancial en la rehabilitación energética de estas viviendas, facilitando la reducción de costes, la mejora en la calidad de la obra y la conservación del carácter arquitectónico y urbano original.

facilitating lower costs, better quality, and the preservation of the original character of the district.

Estudio de caso

Case study

Una hilera de casas construida en 1942 en Dingle Road (Cabra) se ha empleado como estudio de caso para representar las viviendas identificadas en la Fig. 1 y explorar estrategias para incrementar su eficiencia energética. Las viviendas son de una sola crujía y su anchura interior es de 4,8 metros, con una superficie interior de 60,8 m² en cada una de las dos plantas. La disposición original presenta un vestíbulo y escalera de reducidas dimensiones dando acceso a sala de estar y cocina en planta baja y dos dormitorios en primera planta.

A row of terraced housing built in 1942 in Dingle Road, Cabra has been selected as a case study to represent the potentially fuel poor dwellings identified in Fig. 1 and to explore ways to make them more energy efficient. The single-bay houses are 4.8 metres wide, with an internal footprint area of 60.8 m² over two storeys. The original layout features a small stair hall giving access to parlour and kitchen on ground floor and two bedrooms upstairs.

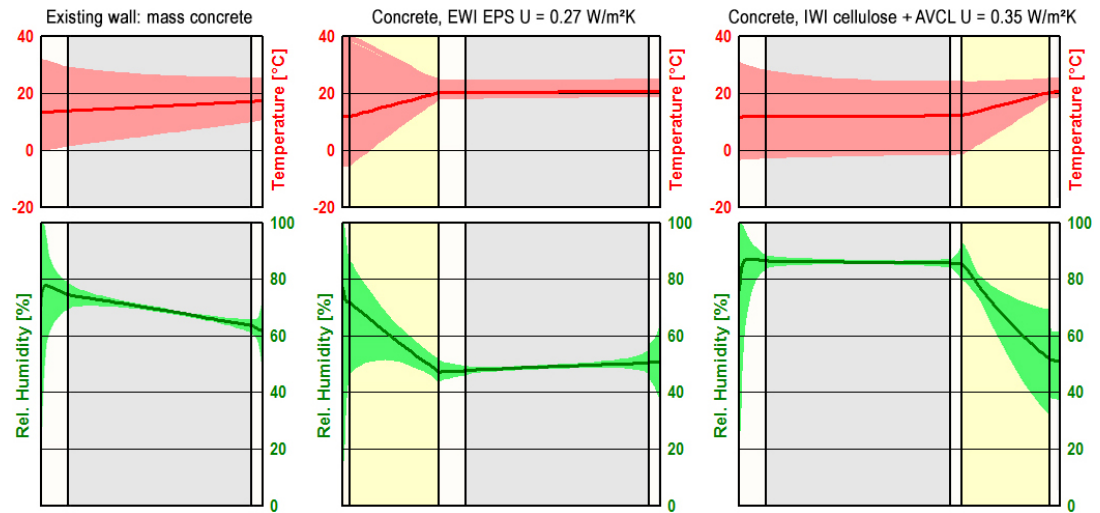
Cabra represents a significant defined phase of the suburban development of Dublin during the inter-war period, recording the efforts of a newly independent state to provide public housing of value, influenced by the garden city movement of the time. The terrace is built with mass concrete walls, externally rendered with a rough sand-cement pebble dash with nap accents. The uniformity of façade finishes is an important aspect of the coherence of the area. Everywhere, whether in render or brick, the horizontal string at first floor level visually ties the streetscape together. The development also shows an innovative use of prefabricated corbels and porch canopies to complete an aesthetic achieved by casting walls and

El distrito de Cabra representa una etapa notable del desarrollo urbano de Dublín durante el período de entreguerras, y es testigo de la voluntad por parte de un recién creado estado de proporcionar vivienda pública digna, influenciado por el movimiento urbanístico de ciudad jardín de la época. Los muros están contruidos con hormigón en masa y enfoscados con un acabado rústico de árido proyectado, con ciertos detalles en acabado revocado. La uniformidad de las fachadas es un aspecto importante de la coherencia urbana del área. Todas las fachadas presentan una banda horizontal en la primera planta, que unifica visualmente y dota de coherencia al paisaje urbano. La construcción hace también un uso innovador de



Fig. 2. Photograph of the case study terrace
Fotografía de la hilera objeto de estudio

Fig. 3. Perfiles de temperatura (rojo) y humedad relativa (verde) para un muro macizo de hormigón orientado al suroeste en Dublín: (izquierda) muro existente sin aislamiento; (centro) muro aislado por el exterior; (derecha) muro aislado por el interior. Las líneas de color más intenso representan promedios anuales; las áreas más claras representan la variación de las condiciones durante un ciclo anual estable. Temperature (red) and relative humidity (green) profiles of a rendered mass concrete wall facing southwest in Dublin: (left) existing uninsulated wall; (centre) externally insulated wall; (right) internally insulated wall. Darker lines represent yearly averages; lighter areas represent range of conditions over a stabilised annual cycle



ménsulas y marquesinas prefabricadas, completando una estética de muros encofrados y enfoscados en obra.

rendering on site. Introduction

Evaluación higrotérmica de estrategias de aislamiento para muros enfoscados

La incorporación del aislamiento térmico provoca cambios significativos de temperatura y humedad en el muro. En esta sección se comparan un sistema de aislamiento térmico exterior (SATE) y aislamiento térmico interior para rehabilitar el muro macizo de la vivienda estudiada, mediante simulación (5) numérica higrotérmica y modelización térmica (6). Una diferencia fundamental entre ambas soluciones es que el SATE aísla el muro frente a las condiciones exteriores, mientras que el aislamiento interior aísla tan solo el espacio interior, exponiendo el muro a las condiciones exteriores. Esta diferencia se refleja en un comportamiento higrotérmico muy diferente.

Los diagramas de la Fig. 3 muestran perfiles de temperatura (rojo) y humedad relativa (verde) para los muros analizados mediante simulación higrotérmica:

- Tanto el aislamiento exterior como el interior incrementan la temperatura de las superficies interiores, lo que resulta en un descenso de la humedad relativa y por lo tanto un riesgo inferior de formación de moho y condensaciones.
- La incorporación de aislamiento por el interior hace aumentar los niveles de humedad en el muro original, al quedar aislado del sistema de calefacción. Este efecto es más acusado cuanto mayor sea el nivel de aislamiento (transmitancia térmica más baja) (1). En contraste, el SATE aísla el muro del exterior manteniéndolo a una temperatura estable y una humedad relativa baja.

Una ventaja adicional del SATE es que facilita la continuidad del aislamiento alrededor del edificio, evitando así la mayoría de puentes térmicos. Con el aislamiento interior, sin embargo, cada forjado y pared perpendicular al muro interrumpe la continuidad del aislamiento. Extender el aislamiento sobre estos muros interiores atenúa los puentes térmicos hasta cierto punto, pero no los elimina. Esto hace que el aislamiento por el interior sea menos eficiente que el SATE para reducir las pérdidas de calor, acentuándose la diferencia según aumentan los niveles de aislamiento.

Los diagramas de la Fig. 4 muestran la modelización térmica del encuentro entre el muro exterior y la pared medianera, evaluando el impacto del SATE y el aislamiento

Hygrothermal assessment of insulation strategies for rendered solid walls

The addition of insulation significantly changes the thermal and hygric performance of a wall. This section assesses internal wall insulation (IWI) and external wall insulation (EWI) retrofits of the rendered mass concrete walls of the case study terrace, through hygrothermal numerical simulation (5) and thermal modelling (6) software. A fundamental difference between both insulation strategies is that EWI keeps the existing wall insulated from external conditions, while IWI insulates the room by keeping the wall exposed. This has important hygrothermal implications.

The diagrams in Fig. 3 show temperature (red) and relative humidity (green) profiles for the assessed wall from hygrothermal numerical simulation:

- Both internal and external insulation increase the temperature of surfaces facing the room, resulting in a lower relative humidity and therefore lower risk of mould growth and surface condensation.
- The addition of IWI increases humidity levels within the original wall, as the insulation isolates it from the heating system: this is exacerbated at high levels of insulation (low U-values) (7). EWI, in contrast, insulates the wall from the outside keeping it uniformly warm and dry.

A further advantage of EWI is that it prevents most thermal bridges by acting as a continuous blanket of insulation around the building. In an IWI retrofit, every existing internal wall and intermediate floor will bridge the insulation layer. The resulting additional heat loss can be mitigated to a certain extent by returning the insulation, but not totally prevented. These thermal bridges make IWI less effective than EWI in reducing heat loss, particularly for greater thicknesses of insulation.

The diagrams in Fig. 4 show a thermal model for a party wall junction, assessing the impact of EWI and IWI on both the insulated house and the neighbouring property. Temperatures are indicated in a colour scale ranging from red (internal temperature, 20 °C) to blue (external temperature, 0 °C). Temperatures of external surfaces, internal surfaces, and surfaces of the original wall behind the insulation are shown at the left and right of every diagram. Surface temperatures at the internal wall corners (usually the coldest internal surfaces of the junction) are also shown for every case. Energy flows are indicated

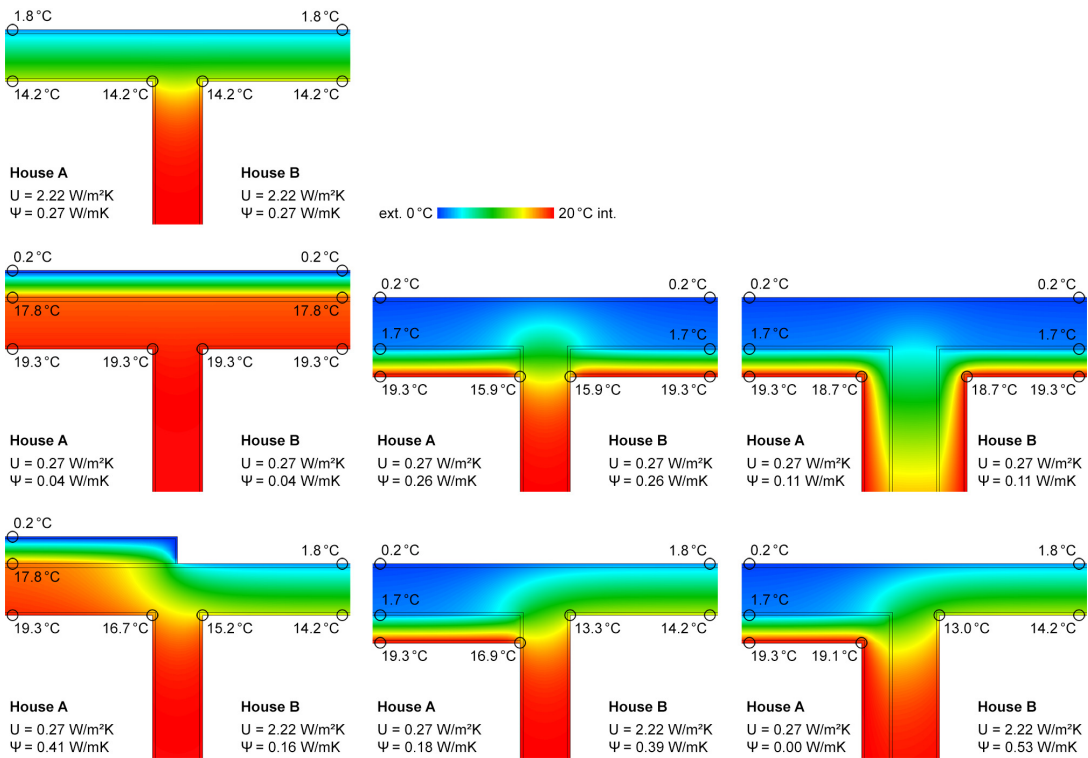


Fig. 4. Comparación del comportamiento térmico de: (fila superior) casa sin aislamiento; (fila intermedia) casas contiguas aisladas como parte de una misma intervención con aislamiento exterior (izquierda), aislamiento interior (centro) y aislamiento interior prolongado sobre medianera (derecha); (fila inferior) aislamiento de la casa A, dejando la contigua casa B sin aislar, con aislamiento exterior (izquierda), aislamiento interior (centro) y aislamiento interior prolongado sobre medianera (derecha)

Comparison of thermal performance of: (top row) existing uninsulated house; (middle row) adjoining houses insulated as part of the same retrofit project with EWI (left), IWI (centre) and IWI with return insulation (right); (bottom row) House A is insulated, leaving adjoining House B uninsulated, with EWI (left), IWI (centre) and IWI with return insulation (right)

interior tanto en la vivienda aislada como en la contigua. Las temperaturas se indican en una escala de color que va del rojo (temperatura interior, 20 °C) al azul (temperatura exterior, 0 °C). En cada caso se indican las temperaturas de los paramentos exteriores e interiores, así como las del muro original tras el aislamiento. Se muestran también las temperaturas superficiales de las esquinas interiores, a menudo las más frías y propensas a problemas de humedad. Los flujos de energía se indican mediante la transmitancia térmica (U, el flujo uniforme de calor a través del muro) y la transmitancia térmica lineal (Ψ el incremento del flujo de calor asociado al puente térmico).

El diagrama de la fila superior de la Fig. 4 muestra que el muro original sin aislamiento experimenta una gran diferencia de temperatura (indicada por la gradación de color), con las superficies interiores mucho más frías que la temperatura del aire interior, favoreciendo la formación de moho.

Los diagramas de la fila intermedia de la Fig. 4 demuestran que si se aíslan ambas viviendas como parte de una misma intervención:

- Tanto el SATE como el aislamiento interior reducen notablemente las pérdidas de calor y aumentan la temperatura de las superficies interiores.
- El aislamiento por el interior reduce la temperatura del muro existente (color azulado), mientras que el aislamiento por el exterior la incrementa (color rojizo).
- Si ambas viviendas se aíslan como parte de una misma intervención, el SATE aísla el muro de manera más uniforme, obteniendo menores pérdidas de calor y temperaturas superficiales más altas que el aislamiento

by the thermal transmittance (U, the uniform heat flow through the wall) and the linear thermal transmittance (Ψ , the additional heat flow at the junction over and above the U-value of the adjoining wall).

The diagram of the top row of Fig. 4 shows that the uninsulated wall experiences a high temperature differential through it (note difference in colour), while all internal surfaces are significantly colder than the internal air, implying risk of mould growth.

The diagrams of the middle row of Fig. 4 show that, when both houses are insulated as part of the same retrofit project:

- Both IWI & EWI significantly reduce heat loss and increase internal surface temperatures
- IWI cools the existing wall (bluish colour), while EWI warms the existing wall (reddish colour)
- If both houses are insulated at the same time, EWI is able to insulate the wall more uniformly and achieves lower heat loss and higher surface temperatures than IWI

The diagrams of the bottom row of Fig. 4 show that if only House A is insulated, leaving adjoining House B uninsulated:

- EWI & IWI both significantly reduce energy loss and risk of mould growth of the insulated house
- EWI also warms the corner of the adjoining uninsulated house
- IWI cools the corner of the adjoining uninsulated house, increasing risk of surface condensation and mould growth
- The latter effect is increased when returning the IWI at the party wall

por el interior

Los diagramas de la fila inferior de la Fig. 4 demuestran que si se aísla una vivienda (casa A) dejando la contigua (casa B) sin aislar:

- Tanto el SATE como el aislamiento interior reducen notablemente la pérdida de energía y el riesgo de formación de moho en la vivienda aislada.
- El SATE hace que incremente la temperatura en la esquina de la vivienda contigua.
- El aislamiento interior enfría la esquina de la vivienda contigua, aumentando su riesgo de condensación y formación de moho. Introducción
- El fenómeno anterior se acentúa al prolongar el aislamiento sobre la medianera.

La importancia del contexto y el carácter del entorno urbano en rehabilitaciones con SATE

Los sistemas de aislamiento térmico exterior pueden ser una opción controvertida en términos de conservación del patrimonio; sin embargo, su uso en Irlanda se ha extendido en los últimos años. El exiguo espacio interior de las modestas casas en hilera se vería aún más reducido al aislar por el interior; por otra parte, dado que presentan solo dos muros exteriores, el SATE es relativamente económico y térmicamente muy eficaz. Mientras que el valor histórico de una elegante hilera de casas victorianas es evidente, en muchas casas del siglo XX se acometen rehabilitaciones con SATE que rompen la coherencia visual del entorno. Por ejemplo, los detalles arquitectónicos exteriores que unifican el paisaje urbano son a menudo eliminados o torpemente reproducidos. Los encuentros con las viviendas contiguas y los recortes alrededor de las instalaciones pueden ser antiestéticos e incluso causar patologías en obras defectuosamente ejecutadas y especificadas.

The importance of context and streetscape character in external wall insulation retrofits

Los sistemas de aislamiento térmico exterior pueden ser una opción controvertida en términos de conservación del patrimonio; sin embargo, su uso en Irlanda se ha extendido en los últimos años. El exiguo espacio interior de las modestas casas en hilera se vería aún más reducido al aislar por el interior; por otra parte, dado que presentan solo dos muros exteriores, el SATE es relativamente económico y térmicamente muy eficaz. Mientras que el valor histórico de una elegante hilera de casas victorianas es evidente, en muchas casas del siglo XX se acometen rehabilitaciones con SATE que rompen la coherencia visual del entorno. Por ejemplo, los detalles arquitectónicos exteriores que unifican el paisaje urbano son a menudo eliminados o torpemente reproducidos. Los encuentros con las viviendas contiguas y los recortes alrededor de las instalaciones pueden ser antiestéticos e incluso causar patologías en obras defectuosamente ejecutadas y especificadas.

The usual procurement approach for EWI retrofits of individual houses is that the owner gets several quotes from 'one-stop-shop' contractors. The contractor is usually trained to use only one EWI system and is naturally reluctant to propose additional works or alternative finishes. The final result depends greatly on the interest and skills of the contractor, the budget of the owner and also their awareness of the architectural and heritage value of the house and the neighbourhood.

In contrast, when retrofitting the whole terrace, a more cost-effective scale of project is reached which allows a structured design process, a heritage assessment, formal tendering to professional contractors that use sophisticated quality control measures, full contractual procedures, high quality plastering subcontractors for detail work, and the prefabrication of unusual or once-off pieces. Time is allowed for addressing design and heritage concerns, compromises need not be made in achieving an aesthetic finish, the procurement process is more clearly structured and an acceptable outcome is more assured.

Fig. 5. (Superior izquierda) Los recortes en el aislamiento exterior, torpemente ejecutados, pueden perjudicar la apariencia de la casa y provocar riesgos técnicos. (Superior centro) Fractura de la unidad visual de un arco. (Superior derecha) Los acabados exteriores, especialmente en esquinas y uniones, pueden presentar detalles visualmente inadecuados. (Fila inferior) Ejemplos de la variedad de acabados en rehabilitaciones individuales con SATE en el distrito de Cabra. La banda revocada original ha sido replicada en dos de los casos, pintada en un tercero, y omitida en el cuarto

(Top left) cut-outs to external insulation such as this one around a boot-scraper detract from the appearance of the house and there can be technical risks attached to such poorly detailed work. (Top centre) The unity of an arch and plaster banding over a terraced access passage has been broken. (Top right) Superficial details, particularly on corners, can be visually inappropriate. (Bottom row) Examples of the variety in render treatments in standalone EWI retrofits in Cabra. Note how the nap render string has been replicated in two cases, shown as a coloured band in a third and omitted in the fourth



El procedimiento habitual para la contratación de rehabilitaciones individuales con SATE es que el propietario reciba varios presupuestos de contratistas que ofrecen un servicio integral. Estos últimos están instruidos en el uso de un solo sistema y son naturalmente reacios a proponer obras o acabados que vayan más allá de este. El resultado final depende en gran medida del interés y formación técnica del contratista, el presupuesto del propietario y también de su sensibilidad acerca del valor arquitectónico y patrimonial de la casa y su entorno urbano.

En cambio, si el proyecto abarca la hilera completa, se alcanza una escala más rentable que permite un proceso de diseño estructurado, una evaluación del patrimonio, un procedimiento formal de adjudicación para contratistas con medidas adecuadas de control de calidad, la posibilidad de subcontratar especialistas para detalles de los acabados, e incluso la prefabricación de piezas únicas o especiales. Es posible dedicar una mayor atención al diseño, evitando acabados estéticamente inadecuados, y el proceso de adjudicación es más claro, asegurando un mejor resultado de la obra.

Propuesta de intervención integral

Esta sección presenta una estrategia innovadora para acometer obras de rehabilitación a gran escala en hileras de casas con acabado enfoscado, sin pérdida de espacio interno para estas pequeñas viviendas, y con molestias mínimas para sus ocupantes, que no necesitan abandonar la vivienda durante las obras. El aislamiento térmico por el exterior mejoraría notablemente las prestaciones térmicas del muro, y los constructores accederían al interior de la vivienda tan solo para instalar calderas y controles de calefacción más eficientes, y poner en marcha el sistema de ventilación. Según las evaluaciones energéticas calculadas con DEAP (8), la intervención disminuiría el consumo anual de energía primaria de 463 kWh/m² a 79 kWh/m², mientras que los costes de calefacción estimados (9) se reducirían en un 80%, de 1604 € a 324 € anuales.



Fig. 6. Visualización tridimensional de la hilera estudiada, mostrando el aspecto exterior antes y después de la instalación del SATE

Three-dimensional visualization of the case study terrace showing the appearance before and after EWI works

Proposed whole-terrace intervention

In this section an innovative strategy is presented to carry out large scale retrofit works to rendered terraces in a controlled way such that there is no loss of internal room to these small dwellings, occupants can remain resident and are inconvenienced as little as possible. While wall insulation standards are greatly improved, builders would also work inside to install new boilers and heating controls, and commission the ventilation system. Energy assessments using DEAP (8) were undertaken before and after the works: the initial annual primary energy consumption of 463 kWh/m² would be brought down to 79 kWh/m², reducing the estimated annual heating (9) costs by 80% from €1604 to €324.

As depicted in the concept sketch of Fig. 6, by externally insulating the whole terrace a uniform colour can be reinstated across it as per the original architectural design. At the same time, by keeping existing doors & windows, variety and personal stamp of homeowners are maintained. Mineral render is used to achieve the nap finish string, patent reveals and feature details, and dry dash to replicate the existing elevation. The solution proposed for the cantilevered door canopy (Fig. 7 left) prevents the thermal bridge and ensures that its apparent proportion does not reduce, as happens in many EWI retrofits.

Due to the high ambient humidity, indoor air quality criteria are rarely satisfied in Irish houses by cooker extract hoods and intermittent fans, as they are heavily dependent on background ventilation and occupants' behaviour (10). The

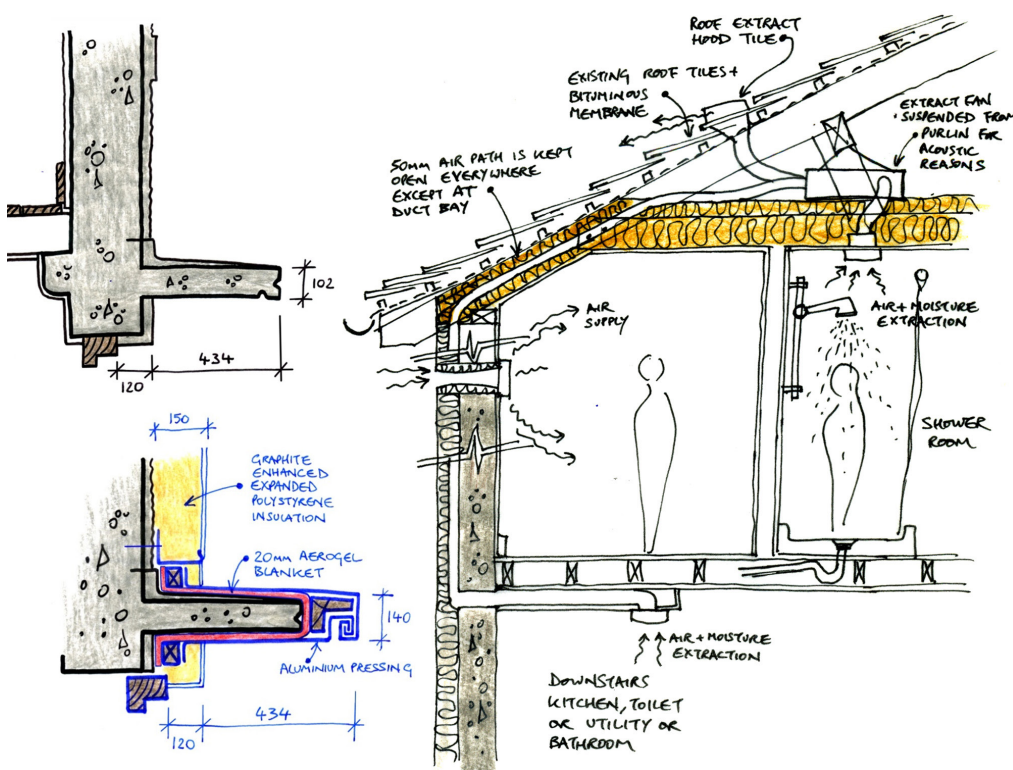


Fig. 7. (Izquierda) Solución propuesta para el aislamiento de la marquesina de hormigón en voladizo sobre la puerta de entrada. Una capa de aerogel asegura la continuidad del aislamiento. La puerta de entrada se reubica en la junta del muro original y el aislamiento exterior, manteniendo las proporciones originales de la marquesina y el hueco. (Derecha) Integración de los conductos de ventilación en el sistema de aislamiento térmico exterior

(Left) Sketches showing proposed solution for insulating cantilevered concrete canopy above entrance door. A blanket of aerogel ensures continuity of the insulation wrapping the building. Relocating the external door at the junction of original wall and insulation, original depths of the external reveal and the cantilever are maintained. (Right) Concept sketch showing integration between ventilation ducting with EWI retrofit

Como se ilustra en la Fig. 6, el SATE permite reinstaurar un color uniforme a lo largo de toda la hilera, recuperando el diseño arquitectónico original. Al mismo tiempo, al mantener las puertas y ventanas existentes, se salvaguarda la variedad y el sello personal de cada vivienda. Se utiliza un revestimiento de árido proyectado para replicar la textura original, y revoco mineral para detalles característicos como la banda horizontal y los telares y dinteles alrededor de las ventanas. La solución propuesta para la marquesina en voladizo sobre la puerta (Fig. 7 izq.) remedia el puente térmico y consigue que la proporción aparente del voladizo no se vea reducida, una contrariedad frecuente en rehabilitaciones con SATE.

Las viviendas irlandesas raramente satisfacen los criterios de calidad del aire interior, debido a la alta humedad ambiental y a que la ventilación se encomienda a extractores de aire que dependen en gran medida de la ventilación de apoyo y los hábitos de los habitantes (10). La solución propuesta (Fig. 7 dcha.) integra un sistema de ventilación mecánica higroregulable, con regulación automática de los caudales de renovación de aire en función del nivel de humedad ambiental. El grupo de extracción se instala en el ático, suspendido de la correa para un mejor rendimiento acústico, sobre el extractor del aseo de la planta alta. Una innovación es que el conducto de extracción que proviene de la cocina de la planta baja se alberga en el espesor del aislamiento exterior, acelerando la ejecución a la vez que se evitan obras interiores y las consiguientes molestias para los ocupantes. Interiormente se aloja una caja prefabricada que contiene la boca de extracción higroregulable y su conexión con el conducto vertical que discurre a través del SATE.

Próximos pasos

La intervención propuesta en esta comunicación, llevada a cabo como proyecto piloto en una hilera de viviendas, ciertamente atraería mayor atención que el actual enfoque fragmentado de las rehabilitaciones con SATE a escala individual. Implantada a gran escala, mejoraría notablemente la eficiencia energética del distrito y podría sacar a muchos hogares de la pobreza energética.

Se requiere una solución de financiamiento y contratación que resuelva la complejidad planteada por los diversos modelos de propiedad municipal y privada de estas viviendas. Los programas gubernamentales vigentes se centran en inversiones amortizables a corto plazo

proposed solution (Fig. 7 right) integrates a whole demand-controlled mechanical ventilation system. The extract fan is installed in the attic, suspended above the purlin for better acoustic performance, mounted above the extract fan in the upstairs shower room. An innovation is that the ventilation extract duct from the downstairs kitchen is routed through the external wall insulation, speeding work while avoiding disruption of the occupants and the need for interior works. A prefabricated box-out is fitted internally, containing the humidity-triggered extract vent and a duct connecting the location of the cooker hood to the vertical duct within the EWI.

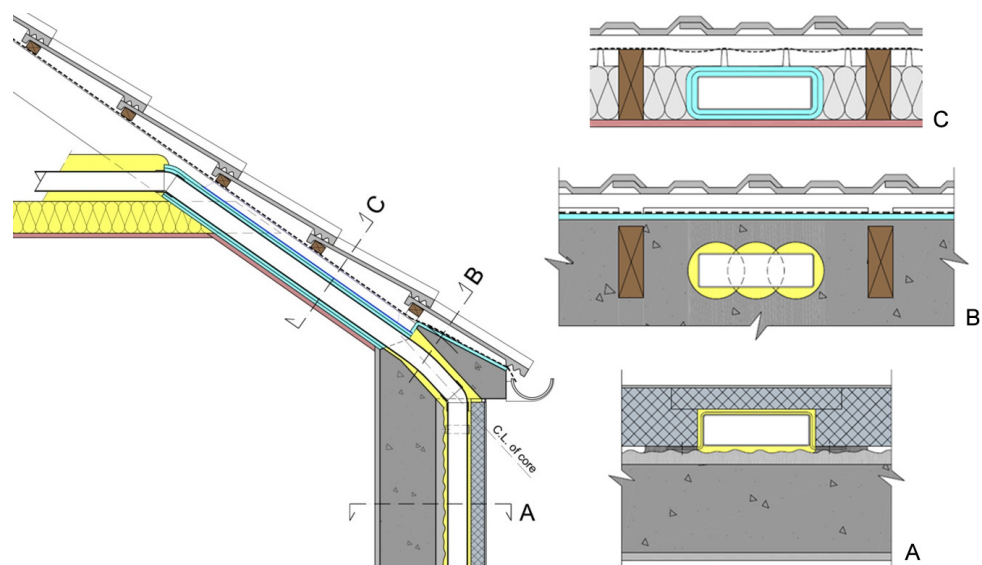
Moving forward

A whole-terrace pilot project like the one proposed in this paper would without question receive more attention than the current condition of piecemeal installations of EWI. Carried out on a large scale it should result in a district-wide jump in energy efficiency, potentially moving many households out of fuel poverty.

In an area of mixed tenure, a financing and procurement solution is needed that can accommodate the complexity of local authority ownership tenants and freehold side by

Fig. 8. Secciones A, B y C a diferentes alturas a través del conducto de extracción. (A) El aislamiento de poliestireno expandido se corta para acomodar el conducto de extracción, y los huecos se rellenan con lana mineral para impedir movimientos de aire alrededor del conducto y mejorar las prestaciones térmicas. (B) El alero de hormigón se perfora cuidadosamente para facilitar el paso del conducto, relleno con lana mineral para facilitar cierta continuidad entre el SATE y el aislamiento de la cubierta. (C) En la sección que discurre entre los cabios de la cubierta inclinada, el conducto se envuelve en una capa de aerogel de 20 mm para mejorar las prestaciones térmicas y evitar el riesgo de condensaciones en el interior del conducto; bandejas corrugadas sobre el aislamiento posibilitan la ventilación bajo la membrana asfáltica

Sections A, B and C at different heights through the extract duct. (A) EPS is wire-cut to take the extract duct and any gaps around it are filled using mineral wool for preventing vertical air movement while also improving thermal performance locally. (B) Cores are carefully drilled to create a shaft that will accommodate the duct through the concrete eaves; again mineral wool is used to fill voids and ensure a certain continuity of the EWI with the roof insulation at rafter level. (C) In the pitched section of the roof below attic insulation level, a 20 mm thick blanket of aerogel is wrapped around the duct to improve thermal performance locally and prevent risk of condensation within the duct; rafter trays are placed below the bituminous roof membrane to ensure ventilation



que eviten emisiones de gases de efecto invernadero al menor coste posible. A efectos prácticos, esto hace que la mayoría de intervenciones se limite a aislar desvanes y cámaras de aire. Sin embargo, una vez que la mayoría de áticos y cámaras están aislados, estos programas deberán reajustarse para aceptar la mayor inversión inicial y la amortización a más largo plazo requerido por el SATE.

La regeneración urbana puede proporcionar un contexto físico y servir de catalizador para la regeneración social y el fortalecimiento de los lazos que nos unen, aspectos que van mucho más allá de los objetivos de reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero y la rentabilidad económica de cada intervención.

side. The current nationwide schemes are still based on short-term payback and lowest cost per greenhouse gas emissions prevented. As a result the focus is predominantly on cavity fill and loft insulation. However, as most attics and cavities are insulated, such schemes will have to readjust to accept the higher investment and longer-term payback required by external wall insulation.

Physical urban regeneration can provide a great context and inspiration for social regeneration, for re-skilling for empowerment and a strengthening of the bonds that bind us together, going well beyond the focus on greenhouse gas emissions saved at the lowest expense.

NOTAS / NOTES:

(1) Según datos del Central Statistics Office, el número de construcciones de vivienda nueva en Irlanda descendió más del 90% entre 2006 y 2013.

The Central Statistics Office reports that new housing completions have dropped by more than 90% from 2006 to 2013.

(2) Algunos de estos programas europeos son 3ENCULT, SUSREF, REFURBAN y SUITE.

3ENCULT, SUSREF, REFURBAN and SUITE are examples of such European programmes.

(3) El porcentaje de hogares irlandeses que reciben el subsidio para combustible (basado en una evaluación de medios económicos) se mantuvo alrededor del 15% de 2005 a 2009, pero aumentó bruscamente al 18,7% en 2010 y al 23,7% en 2011 (fuente: Dra. Anne O'Farrell, Health Intelligence Unit, HSE).

The percentage of Irish households receiving a (means tested) fuel allowance hovered at 15% from 2005 to 2009 but increased sharply to 18.7% in 2010 and 23.7% in 2011 (source: Dr Anne O'Farrell of the Health Intelligence Unit, HSE).

(4) Una presentación de este mapa puede consultarse en http://prezi.com/tnuywdcgunz_/copy-of-fuel-poverty-new-solutions-to-finding-fuel-poor-areas/

A presentation of this map can be accessed online at http://prezi.com/tnuywdcgunz_/copy-of-fuel-poverty-new-solutions-to-finding-fuel-poor-areas/

(5) La simulación numérica higrotérmica permite analizar la transferencia de calor y humedad en componentes de la construcción, respondiendo a la variación (normalmente horaria) en las condiciones climáticas exteriores e interiores. Para este estudio se ha empleado el software WUFI Pro 5.2 con arreglo a la norma EN 15026.

Hygrothermal numerical simulation relates to heat and moisture transfer analysis in building components, subject to changing (e.g. hourly) climate conditions on either side. For this study WUFI Pro 5.2 software has been used under EN 15026.

(6) La modelización térmica permite analizar la transferencia de calor (en dos o tres dimensiones) en componentes de la construcción. Para este estudio se ha empleado el software THERM 6.3 con arreglo a la norma EN ISO 10211.

Thermal modelling relates to multi-dimensional heat transfer analysis in building components. For this study THERM 6.3 software has been used under EN ISO 10211.

(7) Contrariamente a lo establecido en documentos y normativas de muchos países europeos, las barreras de vapor pueden ser contraproducentes en combinación con el aislamiento interior de muros macizos expuestos a la intemperie (sin enfoscado ni cámara para drenaje), ya que restringen su capacidad de secado. La simulación higrotérmica permite evaluar cada caso.

Contrary to usual guidance, vapour control layers can be counter-productive for solid walls exposed to the weather (no render or impregnation), as they further restrict its drying potential. A hygrothermal risk evaluation is advised to assess IWV retrofits of these walls.

(8) DEAP (Dwelling Energy Assessment Procedure) es el procedimiento oficial en Irlanda para calcular y evaluar la eficiencia energética de las viviendas.

DEAP (Dwelling Energy Assessment Procedure) is the official methodology for calculating and assessing the energy performance of dwellings in Ireland.

(9) Los costes de calefacción se han estimado utilizando el consumo de energía calculado con DEAP y los precios actuales de combustible y electricidad. El procedimiento se basa en valores estandarizados; los consumos reales dependen de los patrones de calefacción y ventilación.

Heating costs have been estimated using energy consumption from DEAP and current fuel prices. Note that the software assumes a standardised heating pattern and temperatures throughout the house, while actual costs are dependent on heating and ventilation patterns.

(10) Una evaluación del impacto de la rehabilitación de una vivienda en hilera de los años 1950 en Dublín sobre la calidad del aire interior puede descargarse en <http://www.aereco.ie/wp-content/uploads/2012/02/Dublin-Retrofit-Study.pdf>

An evaluation of the impact of retrofitting a mid-terrace 1950's Dublin house on indoor air quality is downloadable from <http://www.aereco.ie/wp-content/uploads/2012/02/Dublin-Retrofit-Study.pdf>

El empleo del plástico reciclado en la rehabilitación energética de los edificios. Una apuesta por la sostenibilidad

Employment of recycled plastic in buildings' energy rehabilitation.
A sustainability commitment

Ángela Barrios Padura ¹, Marta Molina Huelva ¹, María Díaz Ortiz ²

RESUMEN

Los plásticos se emplean en la actualidad en una gran variedad de campos de la actividad humana, desde el industrial hasta el agroalimentario, pasando por el sanitario, el de la industria automovilística o el aeronáutico. Los residuos generados por la industria del plástico suponen un importante porcentaje de los generados por el ser humano y la propuesta de emplear el plástico reciclado puede dar solución a parte del problema.

Entre las aplicaciones de los plásticos reciclados destacar el empleo en la industria de la construcción y más concretamente en la rehabilitación de edificios. La rehabilitación residencial es la principal área de actividad de la industria de la construcción en Europa en volumen de producción en el momento actual, por lo que representaría una opción con gran potencial de aplicación. En España el "Real Decreto 233 del Plan Estatal de Fomento del alquiler de viviendas, rehabilitación, regeneración y renovación urbana 2013 - 2016" (Ministerio de Fomento 2013a) y la "Ley 8/2013 de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas" (Ministerio de Fomento 2013b), facilitarán la realización voluntaria de obras para la mejora de la eficiencia energética en edificios, por lo que parece oportuno en estos momentos plantear materiales y sistemas idóneos para acometer estas intervenciones, empleando nuevos materiales y alternativas con filosofías sostenibles de reutilización. Una de estas metodologías es el pensamiento Lean cuyos principios van en esta dirección.

Otro factor a tener en cuenta es la implicación en el ciclo de vida que supone la reutilización de materiales, tanto en edificios de nueva construcción como en la rehabilitación; aspecto que se encuentra en continuo desarrollo y cuantificación de sus parámetros, siempre bajo el objetivo de la reducción de los impactos ambientales, vinculado con el ámbito normativo actual por el compromiso 20/20/20 de los estados miembros de la Unión Europea de reducción de emisiones (Parlamento Europeo 2009).

En esta ponencia se plantea como conclusión el potencial que supondría el empleo de residuos plásticos de otras industrias en materiales aplicables a la rehabilitación de edificios en base al "Lean Manufacturing", mejorando la productividad, aumentando el valor añadido de este producto final y disminuyendo los residuos. Ventajas como la reducción de emisiones, ligereza, facilidad de colocación en obra acortando tiempos de ejecución, disminución de riesgos para los trabajadores, precio competitivo, versatilidad, movilidad y capacidad de adaptación en función de las necesidades cambiantes del edificio, lo posicionan como una propuesta a tener en cuenta en el marco Lean aplicado a la construcción de edificios.

Palabras clave: Plástico reciclado, Rehabilitación Energética, Edificios, sostenibilidad, Filosofía Lean.

Key words: Recycled Plastic, Energetic Restoration, Buildings, Sustainability, Lean Thinking

(1) University of Seville. Higher Technical School of Architecture Av. Reina Mercedes nº2, Sevilla 41012, Spain. (2) MDO Architecture Studio, Jaén, Spain. E: abarrios@us.es

Introducción

El inicio del desarrollo de los materiales plásticos se atribuye al estadounidense John Wesley Hyatt quien, en 1860, presentó una bola de billar fabricada a base de celulosa disuelta en una solución de alcanfor y etanol al concurso convocado por un fabricante de bolas de billar, que pretendía desarrollar un sustituto del marfil. Al final su invento, el celuloide, sería fundamental en la industria cinematográfica.

Ya en el siglo XX, Leo Hendrik Baekeland desarrolló la baquelita, un compuesto polímero a base de fenol y formaldehído, de características aislantes y con un amplio uso en la industria durante el siglo pasado, en el que los materiales plásticos se hicieron populares y de uso frecuente tanto a nivel industrial como doméstico.

Durante la primera mitad del siglo XX, se desarrolló la investigación acerca de los plásticos y su estructura molecular. En la actualidad entendemos por plásticos a sustancias sintéticas de estructura macromolecular cuyo componente fundamental es el carbono. Las propiedades fundamentales de los plásticos son principalmente la facilidad de moldeo, la trabajabilidad, y la ligereza, lo que les confiere gran versatilidad respecto a otros materiales por su bajo coste de producción, baja densidad, su resistencia a la corrosión, su impermeabilidad y su buen rendimiento y eficacia como aislantes eléctricos acústicos y térmicos.

Otra de las propiedades interesantes es que pueden ser plásticos una vez o tantas veces como se quiera lo que nos brinda la oportunidad de utilizarlo para múltiples aplicaciones.

Estas propiedades explican su amplio empleo en diferentes campos de la industria, desde la automoción y aviación hasta la alimenticia, la sanidad, la ingeniería y, también la construcción. El uso del plástico está muy extendido, y sus productos residuales pueden ser un problema medioambiental. Darle un nuevo uso a todo ese material, es una gran oportunidad aprovechando sus múltiples características.

En esta situación, el reciclaje tiene una clara perspectiva ecológica y de sostenibilidad (Edwards 2004), con aplicaciones prácticas en diferentes campos y, por supuesto, también en la construcción.

Pero además, tiene una vertiente económica, en tanto que permite reducir los costes del tratamiento de residuos, reducir el consumo energético derivado de la fabricación de materiales plásticos, desarrollar nuevos materiales y soluciones (en nuestro caso, constructivas), con aplicación comercial y contribuir a implementar sistemas de eficiencia energética, con aplicación a diversas escalas, que permitan optimizar y reducir el consumo energético.

Objetivos de la investigación

Los objetivos del presente trabajo son analizar las posibilidades de aplicación de los plásticos reciclados al ámbito arquitectónico, desde una doble vertiente:

- Empleo de materiales reciclados como parte de la incorporación de las tecnologías constructivas a las filosofías sostenibles, de reutilización y, en este caso, de reciclado, como la metodología LEAN (Womack 1996).
- Desarrollo de nuevos materiales y sistemas, de menor impacto ecológico, pero también económico aplicables a la construcción o rehabilitación de edificaciones, en particular en lo relativo a la eficiencia energética de los edificios.

Introduction

The beginning of the development of plastic materials is attributed to the American John Wesley Hyatt who, in 1860, presented a billiard ball manufactured based on cellulose dissolved in a solution of ethanol and camphor to the contest sponsored by a manufacturer of billiard balls, which aimed was to develop a substitute for ivory. In the end, his invention, celluloid, would be essential in the film industry.

In the twentieth century, Leo Hendrik Baekeland developed the bakelite material, a polymer compound, which is based on phenol and formaldehyde, with insulating properties and widely used in the industry over the past century, in which plastic materials were made very popular and frequently used both industrially and domestically.

During the first half of the twentieth century, research on plastics and their molecular structure was developed. Today, plastics are understood as those synthetic macromolecular substances whose main component is carbon.

The fundamental properties of plastics are mainly formability, workability, and lightness. These characteristics give them great versatility over other materials due to its low production cost, low density, corrosion resistance, waterproofing, good performance and efficiency as good electric, acoustic and thermal insulation materials.

Another interesting property is that they can be recovered into plastic material the times as needed, so give the opportunity to use them in multiple applications.

These properties explain their use in various industry fields, from automotive and aviation to food, health, engineering and also to building technology. The use of plastic is widespread, and their waste products can be a real environmental problem. Giving a new use to this material is a great opportunity if its numerous features are used.

In this situation, recycling has a clear ecological and a sustainability perspective (Edwards, 2004), with useful applications in various fields and, of course, also in the building technology.

It has also got economic advantages, as it reduces the cost of waste treatment and the energy consumption of plastics manufacturing. Also, it allows developing new materials and construction solutions, with commercial application and contributes to the implementation of energy efficiency systems to optimize and reduce energy consumption.

Research objectives

The objectives of this study are to analyze the potential use of recycled plastics in architectural field from two points of view:

- Use of recycled materials as part of the incorporation of the construction technology to sustainable philosophies; of reuse and, in this case, recycle, as LEAN (Womack 1996).
- Development of new materials and systems, with less environmental impact, but also economic, that are of application to the construction or rehabilitation of buildings, particularly with regard to energy efficiency.

A research work is being developed with these goals at the University of Seville. Among others, the authors of this paper carry it out and it is about improving energy efficiency on buildings and public spaces by using systems made of this recycled material.

En la Universidad de Sevilla se está desarrollando con estos objetivos una investigación llevada a cabo entre otros, por las autoras de esta ponencia, sobre la mejora de la eficiencia energética en edificios y espacios públicos mediante el empleo de sistemas con base este material reciclado.

Concretamente el trabajo se basa en el estudio y desarrollo de sistemas de dispositivos de sombra con plástico reciclado para zonas con elevada radiación solar, como puede ser el caso de las ciudades del sur de España en condiciones climáticas de verano.

El plástico reciclado en la industria de la construcción

En la aplicación de los plásticos reciclados a la construcción estimamos deben considerarse tres aspectos básicos comunes al empleo de materiales reciclados en otros campos como son:

- Reducción de residuos:
 - Incorporación de residuos a un nuevo proceso productivo lo que permite su valorización.
 - Reintegración de residuos a usos que facilitan la vida de las personas. Esto permite comenzar a crear una idea de que es posible la sostenibilidad, concienciando al ciudadano y contribuyendo a encajarlo, como pieza fundamental, en el círculo virtuoso del reciclado.
- Aumento de la vida útil del material, con los consiguientes beneficios ambientales en cuanto a ahorro energético y reducción de emisiones.
- Aprovechamiento de las características físico-mecánicas del plástico en aplicaciones conjuntas con materiales de uso habitual en la construcción como hormigones, morteros, acero y madera.
- Desarrollo de nuevos materiales y sistemas constructivos que, aplicando esta última posibilidad, sean más ligeros, fáciles de colocar en obra y versátiles, lo que abre un amplio campo de posibilidades competitivas a la construcción y las industrias relacionadas con ella, por ejemplo, la de la prefabricación.
- Fabricación de elementos de mobiliario urbano que incorporan plástico reciclado.
- Aplicación a la rehabilitación de edificios con vistas a la sostenibilidad y eficiencia energética. El desarrollo de cerramientos o sistemas de sombra, por ejemplo, permitiría aunar a las ventajas propias del reciclado, las que derivan del ahorro energético.

Apostamos por el desarrollo de nuevos materiales y sistemas constructivos ligeros, fáciles de colocar en obra y versátiles, abriéndose un amplio campo de posibilidades competitivas a la construcción y las industrias relacionadas con ella, por ejemplo, la de la prefabricación de elementos para la envolvente de los edificios, pavimentos, o mobiliario urbano.

La investigación que desarrollamos en la Universidad de Sevilla se centra en la aplicación de soluciones con plásticos en la rehabilitación energética de edificios. En especial en el desarrollo de cerramientos y sistemas de sombra, aunando el uso sostenible de recursos y el ahorro energético.

Estimamos que la investigación ha de dirigirse hacia la mejora de propiedades de los productos plásticos como el comportamiento a la intemperie y durabilidad, la toxicidad de determinados compuestos durante su manipulación

Specifically, the research work is based on the study and development of a system of shading devices made with recycled plastic to put in areas with a very high solar radiation. This is the case of the cities of southern Spain in summer weather conditions.

Recycled plastic in the building technology industry

For the application of recycled plastics in the construction field, three common basic aspects should be considered (as when using recycled materials in other fields), such as:

- Waste reduction:
 - Incorporation of waste to a new production process allowing recovery.
 - Reintegration of waste to products that make life easier for people. This allows creating the idea that the sustainability is possible, contributing citizens to become members as a fundamental part of the recycling circle.
- Extending the useful life of the material, with the environmental benefits of energy saving and emission reduction.
- Use of the physical-mechanical characteristics of plastic materials in commonly used applications as concrete, mortar, steel and timber.
- Development of new materials and construction systems that applying this possibility, can be lighter, easy to install and versatile. This opens a wide range of competitive opportunities to the construction field and related industries (e.g. prefabrication)
- Manufacture of urban furniture with recycled plastic.
- Application to the rehabilitation of buildings focused on sustainability and energy efficiency. The development of facades or shade systems, for example, would unify the advantages of recycling with the energy saving ones.

We are committed to the development of new materials and light construction systems, easy to apply and versatile with a competitive field in the construction and related industries. For example, the prefabrication of building envelopes, floors, or urban furniture.

The research developed at the University of Seville focuses on the application of plastics solutions in energy rehabilitation of buildings. In particular, in the development of envelopes and shade systems, unifying the sustainable use of resources and energy saving.

We estimate that research must be directed toward improving the properties of plastic products such as weatherability and durability, toxicity of certain compounds during handling and/or useful life, and fire behaviour. We believe that greater institutional and business involvement (through investment, pilot testing and product development), and the addition to the building standards the use of the products resulting from recycled plastics is needed.

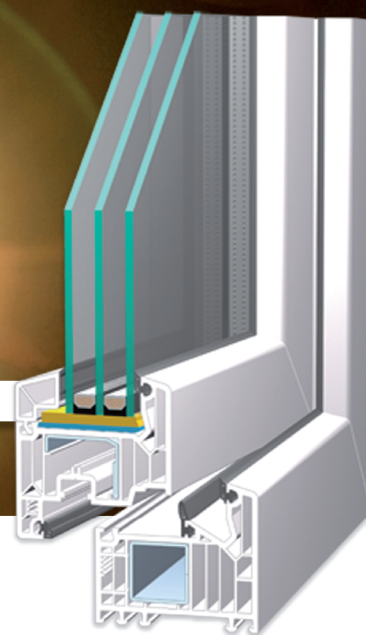
New systems and applications

New products are being developed currently for application in building technology from recycled plastics (Durat 2009) (Zicla 2014), such as polyethylene pressed boards, joinery profiles, walkways and modular flooring, fences, tree surrounds, drainage covers for artificial turf, street furniture, etc. (Fig. 1).

SOFTLINE 82

“Tenemos las mejores vistas hacia el futuro”

Sistema certificado para casa pasiva



Ahora, ¡es fácil ahorrar energía!

Con el nuevo sistema de perfiles de PVC **SOFTLINE 82** de VEKA, disfrute ahora de la ventana del mañana.

- ✓ **Ahorro** en costes de **calefacción y aire acondicionado** - Día tras día, año tras año.
- ✓ **Menos** emisiones de **CO₂** - Ayudando a proteger el medioambiente.
- ✓ **Confort** en su vivienda - Fresco en verano y cálido en invierno.

¡Consúltenos!

www.veka.es / 902 16 10 10



Perfil de Calidad
★★★★★★

El Grupo VEKA es el mayor extrusor y líder mundial dedicado exclusivamente al diseño, y desarrollo de perfiles de PVC para carpintería exterior. Con sede principal en Alemania, y avalada por sus más de 40 años de experiencia, VEKA está presente en 4 continentes, a través de sus 26 filiales y sus 16 plantas de fabricación en el mundo y opera en más de 80 mercados.

La filial para España y Portugal, Vekaplast Ibérica, cuenta con una planta de extrusión de perfiles de PVC ubicada en Burgos, con más de 14.000m² de instalaciones. Con esta infraestructura, VEKA desarrolla en la Península sistemas de perfiles de PVC, que dan respuesta a las necesidades de carpintería de cualquier proyecto: sistemas practicables y deslizantes, sistemas de control solar tipo capialzado, mallorquinas y contraventanas, perfiles complementarios y placas.

Sistemas certificados para Casa Pasiva, como SOFTLINE 82, garantizando valores y clasificaciones máximas respecto a la Normativa actual, que permiten reducir el gasto energético a la vez que obtener ambientes cálidos y confortables. Nuestra respuesta a las cada vez más exigentes demandas del mercado en cuanto a prestaciones de aislamiento térmico y acústico se refiere.

Una apuesta por la sostenibilidad, y el ahorro energético, a través de la creación de sistemas de ventanas que mejoren la calidad de vida de las personas, con las máximas prestaciones térmicas y acústicas y bajo la premisa del máximo respeto medioambiental.

El compromiso voluntario de conservación medioambiental, se centra en dos aspectos: la adaptación de los procesos de fabricación para lograr una reducción del consumo de materias primas y energía en la fabricación, y la posterior reutilización a través de plantas de reciclaje con tecnología propia, con capacidad de reciclar hasta 30 toneladas de ventanas de PVC por hora.

VEKA consciente de su responsabilidad medioambiental, ha puesto los medios para cerrar el ciclo de vida de las ventanas fabricadas con sus sistemas. En 1993 la compañía puso en marcha la instalación de reciclaje de ventanas de PVC más grande y moderna de Europa en Behringen/Turingia (Alemania), convirtiéndose así en la primera empresa del sector con instalaciones propias para la recuperación integral y ecológica de la ventana de PVC en su etapa de post consumo. Posteriormente dos nuevas plantas de reciclaje en Gran Bretaña y Francia, dan muestra de la conciencia ecológica de la compañía.

Más información: www.veka.es

y/o vida útil, y su comportamiento ante el fuego. Creemos que es necesaria una mayor implicación institucional y empresarial mediante inversión, pruebas piloto y desarrollo de productos, y la incorporación a las normativas de construcción el empleo de los productos resultantes de la aplicación de plásticos reciclados.

Nuevos sistemas y aplicaciones

En la actualidad se están desarrollando nuevos productos de aplicación en la construcción a partir de plásticos reciclados (Durat 2009), (Zicla 2014), como tableros de polietileno prensado, perfiles para carpinterías, pasarelas y pavimentos modulares, vallados, alcorques, mantas drenantes para césped artificial, mobiliario urbano, etc. (Fig. 1).

Se están produciendo productos derivados de plástico duro, con contenidos de reciclado, de entre un 30 y un 50% y son completamente reciclables, proporcionando superficies sólidas, resistentes y ecológicas, empleados en encimeras de cocina, tableros de mesas, fregaderos integrados y sanitarios (Fig. 2).

Es posible encontrar incluso productos de revestimiento plásticos que ofrecen excelentes oportunidades para el desarrollo de envolventes eficientes energéticamente. Uno de ellos es el sistema Texlon®, que consiste en almohadillas neumáticas cercadas por extrusiones de aluminio y soportadas por una estructura ligera. Estas almohadillas se hinchan con aire a baja presión para conseguir aislamiento y resistencia a los golpes de viento. Además son inalterables a los rayos ultravioleta y tienen alta durabilidad. Una aplicación de este revestimiento es el empleado en el edificio Water Cube para las Olimpiadas de Pekín (Fig. 3).

Existen también placas laminadas, como las de policarbonato reciclable, que conservan hasta un 80% de las propiedades mecánicas del policarbonato original. Una vez utilizadas en su aplicación inicial se pueden cortar en trozos pequeños que se mezclan con materia prima virgen para su extrusión en una placa nueva. En el caso de la Fig. 4 se emplea este sistema como pantallas acústicas en la Ronda de Dalt en Barcelona.

Es posible incluso, crear paneles machihembrados que permiten fachadas translúcidas sin perfilera vertical. En la Fig. 5 se presenta un edificio en Barcelona con nuevos paneles de policarbonato celular de 50 mm de espesor y 1000 mm de ancho. Son muchos más los posibles sistemas y aplicaciones en el ámbito de la construcción de edificios como pavimentos, revestimientos, mobiliario, etc.

Productos reciclados en catálogo

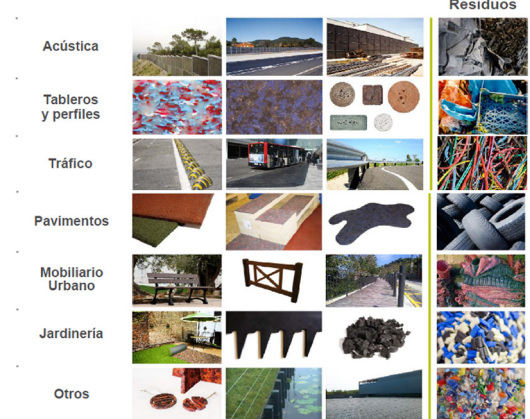


Fig. 1. Algunos productos obtenidos de plástico reciclados. (Fuente: Zicla 2014).

Some products made from recycled plastic. (Source: Zicla 2014).

Products derived from hard plastic are being produced with recycled content of between 30 and 50% and they are completely recyclable, providing strong, durable and environmental surfaces, they are used in kitchen countertops, table tops, integrated sinks and sanitary modules (Fig. 2).

Even plastic coating products that offer excellent opportunities for an efficient envelope is possible to find. One is the Texlon®, which consists of pneumatic cushions surrounded by aluminum extrusions and supported by a lightweight structure. These pads are swollen by low pressure air for insulation and wind resistance. Furthermore they are unalterable UV and have a high durability. An application of this coating is employed in the Water Cube building for the Beijing Olympics (Fig. 3).

There are also laminated sheets, such as recycled polycarbonate, which retain up to 80% of the mechanical properties of the original. Once used in their initial application can be cut into small pieces that are mixed with virgin raw material for extrusion into a new one. In the case of Figure 4 this system is used as acoustic screens at the Ronda de Dalt in Barcelona.

Even create T & G panels that allow translucent facades without vertical profiles are possible. A building in Barcelona is presented with new cellular polycarbonate panels 50 mm thick and 1000 mm wide in Figure 5. There are many possible systems and applications in the field of building construction like flooring, cladding, furniture, etc.



Fig. 2. Piezas realizadas a partir de plástico duro reciclado (Fuente: Durat 2009)

Pieces made from hard recycled plastic (Source: Durat 2009)



Fig. 3. Edificio Water Cube, Pekin (Fuente: www.jetsongreen.com).

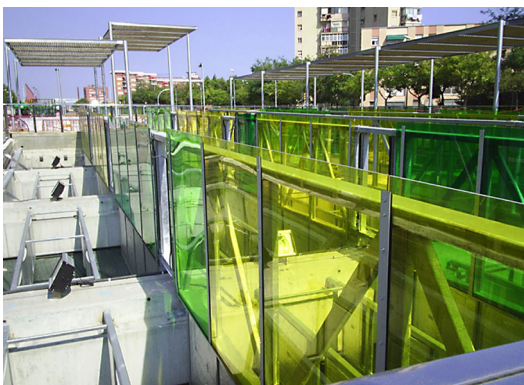
Water Cube building, Pekin (Source: www.jetsongreen.com).

Fig. 4. Pantallas acústicas, Ronda de Dalt, Barcelona, Arq: Marius Quintana. (Fuente: Gestl 2014)

Noise protection screens, Ronda de Dalt, Barcelona, Arq: Marius Quintana. (Source: Gestl 2014)

Fig. 5. Proyecto 22@ en Barcelona; Arq: Pich-Aguilera. (Fuente: Gestl 2014, paneles tipo Lexan Thermoclick).

22@ Project in Barcelona; Arq: Pich-Aguilera. (Source: Gestl 2014, Lexan Thermoclick façade panels).



Aplicación de plásticos reciclados a la rehabilitación energética de edificios

En el ámbito de la rehabilitación y, en particular, de la rehabilitación energética de edificios, se abre un importante campo de potenciales aplicaciones de materiales desarrollados a partir de plásticos reciclados. Ventajas como su reducción de residuos y emisiones, ligereza, facilidad de colocación en obra disminuyendo tiempo de ejecución, disminución de riesgos para los trabajadores, precio competitivo, versatilidad, movilidad y capacidad de adaptación en función de las necesidades cambiantes del edificio, lo posicionan como una propuesta a tener en cuenta en el marco LEAN aplicado a la construcción de edificios.

A continuación se desarrollan las principales aplicaciones.

Revestimientos modulares en fachadas ventiladas

Hoy en día son múltiples las opciones y soluciones a partir de materiales cerámicos y metálicos. El empleo de plásticos reciclados, tanto en paneles como en la perfiles, requiere de un profundo análisis de sus condiciones de durabilidad, pero por el contrario presenta importantes ventajas como son la ligereza del material, que permite su aplicación en fachadas de edificios antiguos o cuya estructura no permita el empleo de soluciones tradicionales con perfiles metálicos, la flexibilidad y adaptación a soluciones arquitectónicas complejas. Otras ventajas son la facilidad de montaje, con las consiguientes implicaciones en seguridad de los trabajadores y en economía, la capacidad de aislamiento térmico y acústico, y la posibilidad de aplicar las propiedades de distintos productos plásticos o combinarlas con las de residuos de otras industrias, por ejemplo el aislamiento acústico mediante mantas fabricadas a partir de restos de la industria textil del automóvil.

Como acabado exterior en fachadas ventiladas las opciones son múltiples. Las placas pueden combinarse fácilmente con otros materiales de construcción para crear efectos

Application of recycled plastic to energetic renovation of buildings

In the field of rehabilitation and in particular energy rehabilitation of buildings, there are many applications with materials from recycled plastics. They have many advantages such as reducing waste and emissions, light weight, ease of placement in work (decreasing runtime), lower risks to workers, competitive price, versatility, mobility and adaptability according to the changing needs of building. Due to this, it is a proposal to consider in the LEAN framework applied to the building construction.

The main applications are:

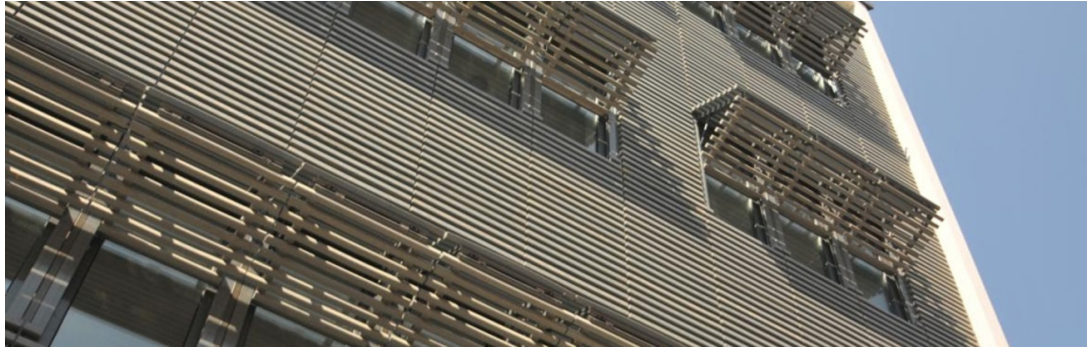
Modular cladding in ventilated facades

Today there are many options and solutions with ceramic and metallic materials. The use of recycled plastics, in panels and in profiles, needs a durability analysis. On the contrary it has important advantages such as the lightness of the material, allowing installation on facades of old buildings or structure that does not allow traditional solutions with metal profiles, flexibility and adaptation to complex architectural solutions.

Other advantages include ease of installation, with consequent implications for worker safety and economy, the ability of thermal and acoustic insulation, and the possibility of applying the properties of plastics or combine with waste from other industries (e.g. by acoustic insulation covers made from remnants of the textile industry of the car). As exterior finish on ventilated facades are many possibilities. Boards can be easily combined with other building materials to create unique effects and enhance some detail (Fig. 6).

These facades are much more than an aesthetic improvement of the envelope because they are a proven means to achieve energy efficiency and ensure a long life. They offer so-called "chimney effect" by which the air flows along the camera helps to prevent heat buildup and removes moisture from rain or condensation. Furthermore,

Fig. 6. Edificio con paneles Trespa (Fuente: Trespa 2014).
Building with Trespa panels (Source Trespa 2014).



singulares y realzar algunos detalles (Fig. 6).

Estas fachadas son mucho más que una mejora estética de la envolvente ya que son un medio comprobado para alcanzar la eficacia energética y una larga duración. Ofrecen el llamado "efecto chimenea" por el que el aire circula a lo largo de la cámara, contribuye a evitar la acumulación de calor y elimina la humedad producida por la lluvia o la condensación. Además el revestimiento impide la radiación solar directa y proporciona un aislamiento continuo. Este tipo de soluciones requiere poco mantenimiento y por sus condiciones de reducción de la humedad y su comodidad, se contribuye a mejorar la calidad ambiental interior.

Celosías de fachadas

Las soluciones más avanzadas desde el punto de vista de rehabilitación energética incluye la propuesta de elementos de protección solar, seguridad y ahorro energético para edificios, que ofrecen movilidad y adaptación según diferentes ambientes y condiciones atmosféricas.

Dentro de los materiales que se proponen existe un material de acabado de fachadas continuo, tipo lamas, que permite la creación de persianas y de dispositivos de sombra mediante su pliegue creando un pequeño voladizo en cada uno de los huecos, haciendo de ésta una solución flexible y adaptable a cualquier envolvente (Fig. 7). Presentan una opción a tener en cuenta en cualquier actuación de rehabilitación energética en fachadas con incidencia solar.

Acabados para cubiertas

Son numerosos los pavimentos que se están desarrollando para cubiertas transitables o no transitables. Su empleo presenta las ventajas de ligereza del material ante actuaciones de rehabilitación, facilidad de impermeabilización, posibilidad de integrar elementos fotovoltaicos y capacidad de aislamiento térmico. De igual modo existen placas para formación de lucernarios, en las que se puede obtener una mayor eficiencia energética, derivada de mejores condiciones de aislamiento térmico.

Otros elementos y sistemas

El desarrollo de elementos y técnicas constructivas a partir del empleo de productos obtenidos mediante plásticos reciclados es muy amplio. Existe una amplia variedad de productos como casetones y elementos para aligerar forjados, que presentan gran facilidad para adaptarse a geometrías complejas, falsos techos y revestimientos decorativos, que permiten incorporar en un único elemento, las funciones aislantes y de acabado, frente a los sistemas de yeso laminado actuales. En estos casos es necesario abordar el estudio de la resistencia al fuego.

Son muchas las aplicaciones de este material en el sector de la construcción donde prime la ligereza y la versatilidad. Sin embargo quedan muchas cosas por resolver en el empleo de residuos plásticos, se plantean cuestiones que

the coating prevents direct sunlight and provides continuous insulation. This type of solution requires little maintenance and reduces humidity, so that improve indoor environmental quality.

Latticework Façade

The most advanced solutions from the point of view of energy rehabilitation proposal includes sun protection, safety and energy savings for buildings that offer mobility and adaptation according to different environments and weather conditions.

Among the materials proposed there is a finishing material to apply in continuous façades, slat type, which allows the creation of shutters and shade by its fold creating a small cantilever in each of the windows, making a flexible and adaptable to any enclosure (Fig. 7). They are an option to be considered in any energetic facade rehabilitation with solar gains.

Finishes materials for roofs

Numerous pavements are being developed for passable or not passable roofs. Its use has the advantages of light weight material at rehabilitation activities, ease of waterproofing, ability to integrate photovoltaic elements and thermal insulation capacity. In the same way there are panels for formation of roof lights, in which can obtain higher energy efficiency, resulting from better thermal insulation.

Other elements and systems

The development of elements and building techniques with products from recycled plastics is very broad. There is a wide variety of products such as caissons and items to lighten slabs, having great ability to adapt to complex geometries, false ceilings and decorative-coatings, and allow incorporating into a single element, the insulating functions versus current systems plasterboard. In these cases it is necessary to approach the study of fire resistance.



Fig. 7. Celosía con lamas fijas ecológicas (Fuente: Durmi 2011).
Latticework with fixed slats (Source: Durmi 2011).

están poco desarrolladas o aún por resolver actualmente, muchas de las líneas claramente encuadradas en la filosofía LEAN (Womack 1996). Algunas de ellas son:

- La necesidad de un protocolo para disminuir los residuos plásticos derivados de la construcción, con la disminución de emisiones de CO2 que supondría.
- El desarrollo de nuevos productos con base plástico reciclado o la incorporación a materiales tradicionales, con amplias posibilidades en el campo de la prefabricación de elementos
- La incorporación de las tecnologías de producción de materiales plásticos y sus derivados a los procesos de fabricación de hormigones y pavimentos, con especial interés en el empleo de plástico reciclado.
- El estudio del empleo de fibras plásticas, como aditivos o adiciones a hormigones, e incluso a aglomerados asfálticos.
- El empleo de materiales plásticos en sistemas y medios auxiliares de la construcción tales como encofrados.
- La implementación de los resultados obtenidos en los procedimientos actuales de evaluación de eficiencia energética de edificios.

Se trata de la búsqueda en el marco de las posibilidades actuales, de nuevos materiales y sistemas que mejoren el comportamiento energético de los edificios, o la accesibilidad y el espacio público urbano. A pesar de las cuestiones que quedan por resolver, sin duda son muchas las posibilidades de aplicación de este material reciclado en el contexto actual del sector de la construcción y una buena oportunidad para poner en valor estos sistemas y productos.

Conclusiones

En la situación descrita anteriormente, un grupo de investigadores de la Universidad de Sevilla, del que forman parte las autoras de esta ponencia, está llevando a cabo una investigación sobre la mejora de la eficiencia energética en edificios y espacios públicos con plástico reciclado y en base a la filosofía "Lean Manufacturing" (Hernández Matías 2013), que permitirá mejorar la productividad, aumentando el valor añadido del producto final y disminuyendo los residuos. Ventajas como su facilidad de colocación en obra, disminución de riesgos para los trabajadores, precio competitivo y, capacidad de adaptación en función de las necesidades cambiantes del edificio, lo posicionan como una propuesta a tener en cuenta en este campo.

Supone una apuesta firme por el empleo de materiales plásticos reciclados para satisfacer los requerimientos actuales de los edificios con el fin de garantizar el confort térmico, el ahorro energético y la disminución de emisiones, aprovechando su propiedad más ventajosa, la ligereza. Aunque hasta ahora su uso había quedado relegado a la elaboración de productos de acabado o auxiliares, en la actualidad puede ocupar una situación relevante en el área de la rehabilitación energética de la envolvente de los edificios.

Uno de los retos es buscar soluciones a la posible toxicidad, el comportamiento a fuego y la durabilidad ante rayos ultravioletas, cuestiones que la industria del plástico está investigando y desarrollando y son muchos los productos que cada vez más van resolviendo estas cuestiones.

Concretamente nuestra investigación se centra en el desarrollo de sistemas de dispositivos de sombra con plástico reciclado para zonas con elevada radiación solar,

There are many applications of this material in the construction industry where the important matter is the lightness and versatility. However, there are many things to be resolved in the use of plastic waste materials that are poorly developed or currently still arise solve. Many of the lines clearly framed the LEAN philosophy (Womack 1996). Some of them are:

- The need for a protocol to reduce plastic waste derived from construction, with reduced CO2 emissions that would result.
- The development of new products from recycled plastic base or incorporating to traditional materials, with possibilities in the field of prefabrication
- The incorporation of production technologies of plastic materials at the manufacturing of concrete and pavement, with particular interest in the use of recycled plastic.
- The study the use of plastic fibers as additives or additions to concrete and even to asphalt mix.
- The use of plastic materials in systems and in auxiliary materials of such as formwork construction.
- The implementation of the results of the current assessment procedures for energy efficiency of buildings.

It comes to search in the current possibilities, new materials and systems that improve the energy performance of buildings, or accessibility or the urban public space. Despite the issues that remain unresolved, undoubtedly there are many possible applications of this material recycled in the current context of the construction industry and an opportunity to add value to these systems and products.

Conclusions

In the situation described above, a group of researchers from the University of Seville, which includes the authors of this paper, is carrying out a research on improving energy efficiency in buildings and public spaces with recycled plastic and based on philosophy "Lean Manufacturing" (Matías Hernández 2013), leading to improve productivity, increase the added value of the final product and reduce waste. Advantages such as facility placement in work, decreased risks for workers, competitive price and adaptability according to the changing needs of the building, position it as a proposal to consider in this field.

It involves a firm commitment to the use of recycled plastics to satisfy the current requirements of buildings in order to ensure thermal comfort, energy saving and emission reduction, leveraging its advantageous property, the lightness. Although to date its use had been relegated to finished or auxiliary materials, they may currently occupy an important position in the area of energy rehabilitation of buildings envelope.

One challenge is to find solutions to the possible problems, toxicity, fire behavior and durability against ultraviolet rays, issues that the plastics industry is researching and developing. In fact many products are increasingly resolving these issues.

Specifically our research focuses on the development of shading devices systems made of recycled plastic for areas with a high solar radiation, like cities of southern Spain, in which these measures are really effective. It will be studied in collaboration with manufacturers and research centers aspects as the type of material, properties, composition, appropriate percentage of recycled material, facade anchorage systems, etc..

como son las ciudades de la zona sur de España, en las que estas medidas de protección solar son realmente eficaces. Se estudiará en colaboración con fabricantes y centros de investigación el tipo de material a emplear, propiedades, composición, porcentaje adecuado de material reciclado, sistemas de anclaje a fachada, etc.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

- Durat (2009). Solid surface material technical properties (<http://www.durat.com>).
- Durmi (2011). Catálogo general (<http://www.persianasycelosasdurmi.es/la-empresa/catalogo-durmi>)
- Edwards, B., Hyett, P. (2004). Guía básica de la sostenibilidad (2ª rev y amp ed.). Barcelona: Gustavo Gili.
- Ehrig, R. J. (1992). Plastics recycling: Products and processes. Munich etc.: Hanser.
- European Parliament and of the Council. 2009. Directive 2009/28/EU of 23 April 2009 on the on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. (20-20-20).
- Gest (2014). Sabic Innovative Plastics. (<http://www.getsl.com>)
- Hernández Matías, J.C.; Vizán Idoipe, A. (2013): "Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación". Madrid: Fundación EOI.
- Ministerio de Fomento (2013a). Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificativa, y la recuperación y renovación urbanas, 2013-2016.
- Ministerio de Fomento (2013b). Ley 8/2013, de 26 junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.
- Trespa (2014). Catálogo general (<http://www.trespa.com/pl/product/fasady-trespas-meteor>).
- Zicla (2014). Catálogo general productos reciclados (<http://www.zicla.com>)
- Womack, J., Jones D. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Organization. Simon and Shuster.

Uso innovador de dispositivos TIC tradicionales para descubrir patrones de uso y mejorar la eficiencia energética en edificios de oficinas

Innovative use of traditional ICT devices to uncover spaces' usage patterns and improve energy efficiency in office buildings

Matt Batey¹, Juan Pablo García²

ABSTRACT

This paper explores an alternative conceptual approach to occupancy and utilization metering and tracking in existing office buildings with dense ICT equipment usage.

Instead of improving building performance by expensive design, construction and renovation processes – the same output from an equal area of workspace using less energy in kWh/m² – our focus is on increasing output using existing buildings, maximizing utilization through sharing, coordination of working hours from different people, and elimination of unused workspaces. When we think about spatial and occupancy studies, we generally imagine an expensive and complicated setup of detection devices that can capture the needed data. By the contrary, the subject of this study is a buildings' spatial and occupational analysis based on insight derived from the utilization of a traditional PC Power Management tool with a repurposed goal. The information uncovered is the one found when working to power manage big networks of computers. The sudden realization that a network of computers is a network of sensors, reveals itself as a useful and inexpensive tool to detect behavior patterns, unused or abandoned offices spaces, and opportunities for energy savings with simple measures orbiting around moving people and sharing spaces.

The goal of our research is to validate the usefulness (or lack off it) of activity data captured from users in offices' computers to gain information on: occupancy numbers, frequently unused spaces that can be repurposed or shared, and activity from off working hours persons that ask for HVAC, lighting, security and space resources that could be perfectly improved by simple reallocations or movements inside organizations.

We also plan to use this information as a real time input for BEMS and EMS that can ingest this data as a calculation relative to buildings occupancy hence improving building services configuration.

This paper presents the results and their implications for the property industry of real world trials in buildings of 2 Catalanian cities, including Barcelona.

Previous studies in the UK and Finland showed how actual desk use is only 45% of capacity during the working day. The results of the initial trials support this statistic in the Catalanian workplaces studied. Conventional methods of reducing energy use by including presence detection and zoning in building energy management systems offer a solution to energy waste, but they ask for big budgets and long implementation periods.

The device-based method applied here offers significant potential advantages over conventional sensor based energy optimization approaches. It is substantially cheaper to implement because it 'senses' presence or activity using existing technology of employees' devices. Perhaps more significantly, optimization is based on an understanding of actual working practices and specific needs of employees, rather than reacting impersonally to aspects of their behavior – e.g. presence or movement detection. This allows users to feed their views into the optimization process and have it suit their preferences, removing the barrier of having to adjust to a new technology which they may not fully understand. The capacity to assess each user's situation separately offers a 'third way' of partial or phased flexibility, applied only to those it suits or helps.

The sustainability implications of working to this model relate to the potential for a reduction in total workspace demand and a resulting drop in energy and resource use. Further research is required to explore new business models for sharing space, service and maintenance costs, to ensure the workspace made free by optimization can be used in place of additional new-build.

Key words: ICT Metering - Workspace optimization.

(1) Consultant Sustainable Business Models, Partner @Woefix. (2) Leantricity, Partner @Woefix, Barcelona.
E: matthew.batey@telenet.be

Introducción

Este documento presenta un enfoque alternativo para el logro de la eficiencia energética y también en el uso de los recursos en el entorno construido. En lugar de mejorar el rendimiento técnico de los edificios por medio del reemplazo de elementos de la estructura, examinamos aproximaciones que optimicen la utilización de lo existente gracias a un mejor conocimiento de la forma en que los ocupantes consumen el edificio. Este conocimiento es obtenido por medio de la aplicación de un software existente, dedicado a la monitorización del consumo energético y actividad de usuarios en redes de ordenadores - Verdiem (PC Power Manager™) - con capas adicionales de interpretación de datos para posibilitar el análisis espacial del uso de las oficinas y sus servicios energéticos asociados. Sobre la base de este análisis, se proponen opciones para racionalizar el uso del espacio y la gestión de los sistemas energéticos de acuerdo a la demanda activa, en tiempo real.

Los resultados discutidos están basados en dos casos de estudio iniciales en oficinas de gobiernos locales en la ciudad de Barcelona y en la ciudad de Sant Feliú de Llobregat (Barcelona). El objetivo de estos casos exploratorios fue el de desarrollar una metodología y un protocolo para aplicar este análisis en edificios reales, y poder apoyar la toma de decisiones hacia la racionalización del espacio de trabajo y el uso energético.

Antecedentes

Como ha expresado categóricamente Janda (2009): 'Los edificios no usan energía, lo hace la gente.' El usuario es el hilo común que conduce a las emisiones. Tomar la perspectiva del usuario, independientemente de toda infraestructura, presenta una base para optimizar el impacto de la conducta en las emisiones de carbono. También podría aumentar el impacto general sobre las emisiones relacionadas con los edificios reduciendo la dependencia de espacios que a menudo no se utilizan.

De acuerdo a un reporte sobre el espacio de trabajo bajo en carbono (Deas, 2011), la ocupación media de los escritorios en oficinas públicas en UK es solamente del 45%. Una situación similar existe en los edificios de gobierno en Finlandia (Nordic Built, 2012). El informe del proyecto sobre un plan de racionalización de oficinas hacia el uso flexible realizado por Cisco (Cisco, 2007) reportó una reducción de los costes del edificio (alquiler, construcción, servicios) debido a la reducción del área total necesaria para un número equivalente de empleados del 37 al 42%. Un informe reciente del Carbon Trust (CT, 2014) sobre el aumento de las prácticas de teletrabajo en el Reino Unido refleja los impactos producidos por los empleados trabajando fuera de las oficinas, resaltando:

"Si el espacio de las oficinas es racionalizado para reflejar esto, el trabajo desde casa puede reducir significativamente el consumo energético y el coste de alquiler de las oficinas."

Sin embargo, los procesos de diseño de edificios basados en métricas convencionales de m² por persona, no tienen en cuenta cuánto de ese espacio acondicionado es usado en realidad, y se asume una utilización del 100% al especificar los servicios (Dooley, 2010). Enfocarse en los usuarios, y solamente aprovisionando para sus necesidades reales, brindaría un marco para eliminar este problema.

El primer paso en este proceso es comprender los patrones de ocupación y uso de los entornos de trabajo en

Introduction

This paper introduces an alternative approach to achieving energy- and resource-efficiency in the built environment. Instead of improving the technical performance of buildings by replacing elements of its structure, we examine approaches to optimise utilisation of existing stock through better understanding how users consume a building. This understanding is achieved by application of an existing PC-based user activity monitoring software - Verdiem (PC Power Manager™) - plus additional layers of data interpretation to enable spatial analysis of workspace use and its associated energy services. On the basis of the analysis, options to rationalise space use and energy system management, according to active, real-time demand, are proposed.

The results discussed here are based on two initial trial case-studies of government offices in Barcelona City itself and Sant Feliu de Llobregat City (Barcelona). These case-studies were aimed at developing a methodology and protocol for applying the analysis on real buildings, to support decision-making actions towards rationalising workspace and energy use.

Background

As Janda (2009) bluntly puts it: 'Buildings don't use energy, people do.' The user is the common thread that leads to emissions. Taking the user perspective, independent of any infrastructure, presents a base for optimising carbon impact to behaviour. It could also increase overall impact on building related emissions by reducing reliance on building space that is often unused.

According to a report by the Low Carbon Workplace (Deas, 2011), average office desk occupancy in UK public offices is only 45%. A similar situation exists in government estate buildings in Finland (Nordic Built, 2012). A project report by Cisco (Cisco, 2007) on an office rationalisation plan to flexible use reported a reduction in building costs (rent, construction, utilities) due to reduced total floor area for an equivalent number of staff of between 37 and 42%. A recent Carbon Trust report (CT, 2014) into the rise of teleworking practices in the UK reflects on the impacts of employees working out of office, highlighting:

"If office space is properly rationalised to reflect this, homeworking can also significantly reduce office energy consumption and rental costs."

However building design processes, based on conventional metrics of m² per person, take no account for how much that conditioned space is utilised in reality, and assume 100% utilisation in specifying services (Dooley, 2010). Focusing on users, and only providing for their real needs, could provide a framework towards removing this issue.

The first step in this process is to understand use and occupancy patterns of office working environments. Dooley stated the need "to develop integrated occupancy measurement and control technologies for commercial buildings" (Dooley, 2010). Campos et al (2010) report on the Enprove project, which demonstrates the value of accurate data on how a building is used to predicting savings and return on investment for installing technological measures such as intelligent lighting controls.

Though some real time monitoring and adjustment of energy systems is possible - e.g. presence or movement detection - these systems are expensive, can be disruptive to work and are difficult to tailor to the particular needs of

las oficinas. Dooley declaró la necesidad de “desarrollar tecnologías integradas de medición de la ocupación y control para edificios comerciales” (Dooley, 2010). Campos y otros (2010) informan en el proyecto Enprove, sobre el valor demostrable de los datos precisos sobre el uso de los edificios para predecir ahorros y retorno de la inversión antes de la instalación de medidas tecnológicas como controles inteligentes de iluminación.

Si bien la monitorización y el ajuste en tiempo real de los sistemas de energía es posible - por ejemplo con detectores de presencia o movimiento - estos sistemas son costosos, pueden afectar al trabajo y son difíciles de adaptar a las necesidades individuales de cada usuario particular del edificio. Coleman y otros (2012) describen un sistema que relaciona tarjetas RFID con redes Wi-Fi existentes y dispositivos de monitorización energética, que si bien es más simple, todavía representa inversiones adicionales e interferencia con los usuarios.

El protocolo de mejora energética basada en la optimización del puesto de trabajo (WOeFix) es un intento de investigar una alternativa de monitorización basada en los datos capturados por el software de Verdiem en cada PC, en vez de en dispositivos tradicionales de monitorización de ocupación. También tiene una ventaja sobre la mera detección de presencia, relacionada con el registro de cuándo los empleados están realmente trabajando (no solamente su sola presencia en el edificio), y esto puede ayudar al cálculo de la contribución real del edificio a la producción de toda la organización.

El protocolo está creado en base a la premisa de utilizar tecnología ya existente e instalada, analizando los perfiles de uso activos y adaptando espacial y temporalmente los espacios para coordinarse con estos perfiles. Mejoras tecnológicas de los edificios permanecen como una opción para consideraciones posteriores, una vez que los beneficios de las medidas no tecnológicas, como por ejemplo la zonificación, han sido aplicadas.

Además, el análisis de la utilización del espacio de trabajo conduce a la tendencia emergente del trabajo flexible, del cual el teletrabajo es un ejemplo. Una introducción escalonada o en fases, facilitada por este método, posibilita un proceso de cambio de conducta a través de la imitación o el ejemplo ('nudging') (Thaler & Sunstein, 2009) en el cual una parte de los trabajadores preparados para transformarse en flexibles demuestran y promueven el enfoque a sus compañeros más dubitativos.

Sin embargo, considerando una perspectiva urbana más amplia, el convertir los edificios administrativos estáticos en recursos dinámicos, permite que los usuarios sean libres de localizar sus actividades como mejor se adapte a ellos y a sus compañeros o clientes, en cualquier momento. Edificios, desplazamientos y recursos de las oficinas podrían ser usados entonces temporalmente, solamente durante el número de horas o días que sean específicamente necesarios.

Todos estos recursos podrían entonces ser compartidos entre organizaciones, utilizando una nube de recursos de consumo colaborativo (Botsman & Rogers, 2009). El CDP (2011) sugiere que vincular edificios y tecnologías de esta forma es un ejemplo de la necesidad de observar las restricciones provocadas por la existencia limitada de recursos en nuestro planeta como una oportunidad de generar mayor valor incrementalmente, a partir de un menor número de estos recursos.

each individual building user. Coleman et al (2012) discuss a system linking existing Wi-Fi with wearable RFID badges and energy monitoring hardware, which although simpler, still represents additional investment and employee interference.

The Workspace Optimisation energy Fix (WOeFix) protocol is an attempt to investigate an alternative based on PC-user activity monitoring data, generated by the Verdiem software, rather than building occupancy monitoring. It also has the advantage over mere presence detection of tracking when employees are actively working, not just passively present in the building, which can aid assessment of the building's true contribution to an organisations output. The protocol is built on a premise of using the already installed technology, analysing active use profiles and adapting spatial and temporal factors of the building to fit these profiles. Technological building upgrades remain an option for later consideration, after benefits from non-technological measures such as zoning, have been applied.

Also, workspace optimisation analysis leads on to the emerging trend of flexible working, of which teleworking is one example. Introducing flexible working to existing offices can be more problematic (e.g. Davenport & Bruce, 2002; Robert & Börjessen, 2006). A partial or phased introduction, enabled by our approach, allows a process of behavioural 'nudging' to take place (Thaler & Sunstein, 2009) where a portion of workers prepared to go flexible demonstrate and promote the approach to unsure colleagues.

However, taking a wider urban perspective, turning administrative buildings from static to dynamic space resources, users can be freed up to locate their activities as it best suits them and their colleagues or clients at any given time. Buildings, travel, office resources might then be used on a temporary basis for only the number of hours or days that they are specifically required. All these resources might then be shared between organisations utilising a resource cloud in a form of collaborative consumption (Botsman & Rogers, 2009). The CDP (2011) suggests that linking buildings and technology in this way is an example of the necessary viewing of resource constraints due to the Earth's limited natural resources as an opportunity to generate increasing value from fewer resources.

Methodology

By installing a PC Power Management agent from Verdiem Software in all the computers, we can analyze the power states data metered from them, jointly with users' activity. Physically representing the state (ON or OFF) and the activity (active or inactive) in the office layout plan, we can grab information about the office spaces utilization. We then relate it with a few important questions that can be answered in a really simple and fast manner because of the usage of computers as sensors that are already deployed in the offices (without having to physically install new sensing devices).

This questions are:

1. Which are the computers that are least used? This relates to the following sub-questions when we detect an unused device:

1.1. Do we need that computer?

1.2. Do we need that desk?

1.3. Do we need that space and HVAC + lightning and building services related to it?

Metodología

A partir de la instalación del agente de software de gestión energética de los PC de Verdiem en todos los ordenadores, podemos analizar los estados energéticos medidos en ellos, conjuntamente con la actividad proveniente de los usuarios. Representando físicamente el estado (ON u OFF) y la actividad (usuario activo o inactivo) en un plano de la oficina, podemos capturar información relacionada con la utilización de los espacios de la misma. Seguidamente relacionamos esto con algunas preguntas importantes que pueden ser respondidas en una forma simple y veloz, gracias al uso de los ordenadores como sensores que ya están desplegados en todas las oficinas (sin necesidad de instalar ningún nuevo dispositivo de medición).

Estas preguntas son:

1. ¿Cuáles son los ordenadores que son poco utilizados? Esto se relaciona con las siguientes sub-preguntas cuando se detecta un dispositivo sin usar:
 - 1.1. ¿Necesitamos ese ordenador?
 - 1.2. ¿Necesitamos ese escritorio?
 - 1.3. ¿Necesitamos ese espacio y el aire acondicionado, la calefacción e iluminación, y todos los recursos del edificio relacionados con él?
 - 1.4. ¿Necesitamos ese rol?
2. ¿Cuál es el "nivel de ocupación", capturado desde la utilización de los ordenadores?
 - 2.1. ¿Podríamos adaptar mejor el espacio que estamos pagando, a la ocupación real medida?
 - 2.2. ¿Podríamos distribuir a la gente en una forma optimizada, creando espacios comunes que puedan ser compartidos y mejoren la utilización razonable del edificio?
3. ¿Cuáles son los usuarios más activos y persistentes en sus escritorios?
 - 3.1. ¿Cuál es el tamaño de este conjunto estable de trabajadores, y cuáles son sus horarios?
 - 3.2. ¿Cuál es su dispersión a través de la organización? ¿Están en pocos equipos, trabajando juntos, o diseminados a través de diferentes equipos/departamentos, sin trabajar

1.4. Do we need that role?

2. Which is the "occupancy level", acquired from computers usage?

2.1. Can't we better adapt the space we are paying for, with the real occupancy metered?

2.2. Can't we distribute people in a better way, creating shared spaces that can allow a more reasonable use of the building?

3. Who are the most active and persistent at their desktops?

3.1. Which is the size of this stable set of workers and which are their timelines?

3.2. What is their spread around the organisation? Are they mostly on the same few teams, working together, or are they spread throughout different teams/departments, not working together?

3.3. In short, how easy or difficult would it be to place persistent desk workers in the same area of the building?

4. Who are the "off hours workers"?

4.1. Can't we group them, thus reducing the building services needs while giving them a suitable working space?

4.2. Could they work from home 'off hours' - what change in ICT equipment/facilities is required to enable this?

4.3. Who are the ones that have more intermittent computer usage?

4.4. Can't they make better use of mobile or shared devices?

Case studies

Sant-Feliu de Llobregat is a provincial city in the outskirts of Barcelona. The main administration building houses around 70 desked employees. (Fig.1)

Data was collected for the case study using the Verdiem Surveyor software during February 2014.

Barcelona City Council is much larger and the administration is housed in multiple buildings to a total of approximately 8,000 workspaces. A single building was used to conduct the initial analysis (located at Av. Diagonal, 220) housing approximately 600 employees (Fig.2).

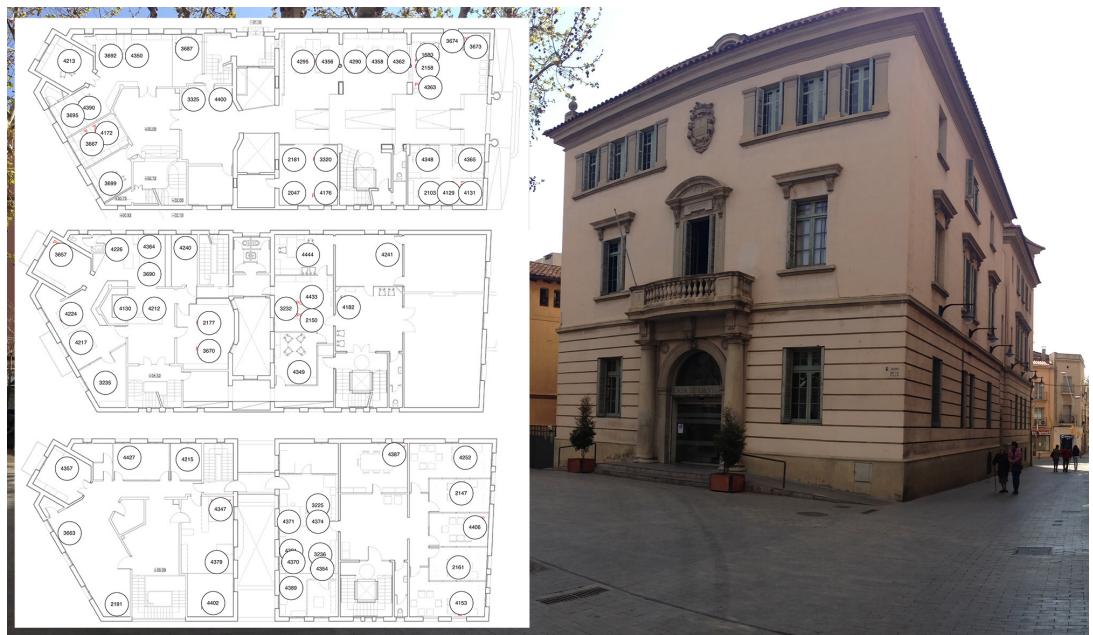


Fig. 1. Sant Feliu de Llobregat City Council..

juntos?

3.2.1. Brevemente, ¿cuán fácil o difícil sería ubicar estos trabajadores persistentes en la misma área del edificio?

4. ¿Quiénes trabajan fuera de los “horarios normales”?

4.1. ¿Podríamos agruparlos, de esta manera reduciendo las necesidades de servicios del edificio, a la vez que les brindamos un espacio de trabajo adecuado?

4.2. ¿Podrían ellos trabajar desde casa fuera de horas? ¿Qué cambios en los dispositivos TIC y en las instalaciones serían necesarios para permitir esto?

4.3. Quiénes son los que hacen un uso más intermitente de los ordenadores?

4.4. No podrían beneficiarse más del uso de dispositivos móviles o compartidos?

Casos de estudio

Sant-Feliu de Llobregat es una ciudad ubicada en las afueras de Barcelona. El edificio principal de la administración aloja unos 70 empleados (Fig.1).

La recolección de datos para el estudio utilizando el software de Verdiem fue realizada en Febrero de 2014.

El Ayuntamiento de Barcelona es mucho mayor y la administración está alojada en múltiples edificios con un total de aproximadamente 8000 puestos de trabajo. Un único edificio fue usado para conducir el análisis inicial ubicado en la avenida Diagonal 220, sede de las oficinas del departamento de informática, lugar donde trabajan aproximadamente 600 personas en cinco plantas diferentes. (Fig.2)

Los datos para el estudio utilizando el software de Verdiem fueron capturados en 2 semanas comenzando el 7 de Abril de 2014.

En ambos casos la monitorización fue complementada por una visita in-situ.

Resultados preliminares y análisis

Las primeras iteraciones del análisis de datos conducen a la presentación de estos en tres categorías:

Data was collected for the case-study using the Verdiem software in April 2014, with two weeks of data starting Monday April 7.

In both cases the monitoring was complemented by a 'walkaround' visit to the site.

Primary results and analysis

The first iterations of data analysis led to data presentation in three categories:

1. Average Occupancy Percentage – i.e. the number of workspaces in active use at any given time as a fraction of the total number of workspaces
2. Classification of activity profiles based on a typology of individual occupancy patterns
3. Time series visuals mapping current occupied workspaces onto the office layout plan

The average occupancy percentage is a simple measure of the number of workspaces in active use throughout the monitoring period. The graph below shows the average over a week at the Barcelona office (Fig.3)

The daily average rarely reaches above 50%, in line with the previous studies in UK and Finland, referenced earlier.

Next it's same information for an average day, highlighting the percentage of serviced workspace that is not utilised of the total areaday (m2h). This represents the maximum theoretical potential saving in energy and space cost through optimisation (Smax) (Fig.4.)

We then needed to generate a reduction factor to apply to this Smax, based on what can reasonably be achieved without compromising the ability of all staff to conduct their work comfortably.

To determine this factor we analysed the variation and comparative frequency of the different individual occupancy patterns, to determine the potential for:

1. zoning - i.e. locating users of similar profiles in one zone, which can then be shut-off outside in-use hours.
2. sharing workspaces between multiple users - i.e. a morning user with an evening user

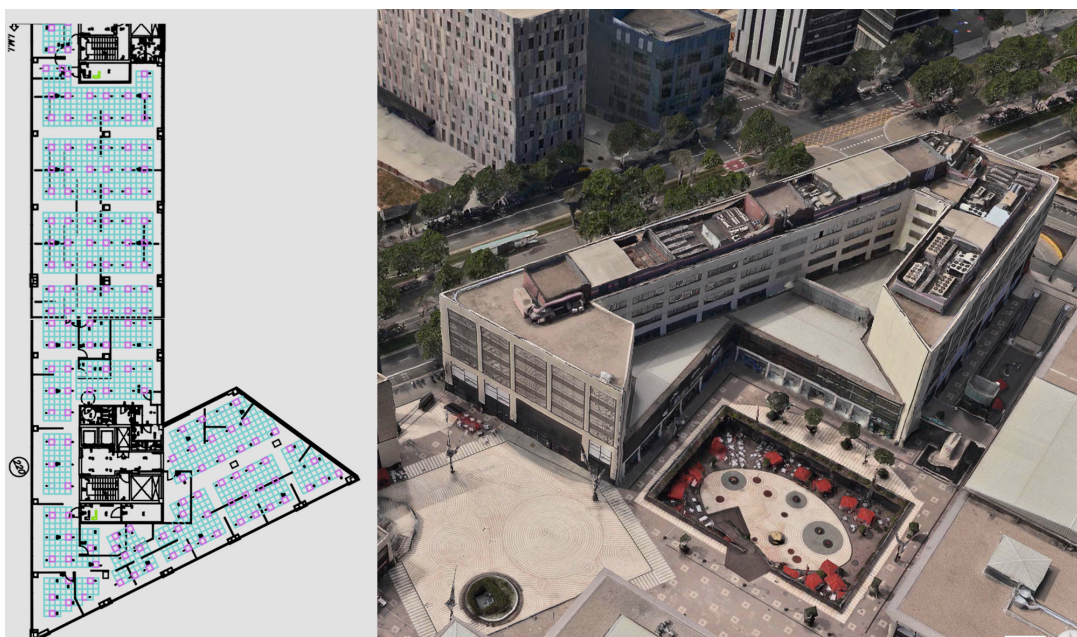


Fig. 2. One of Barcelona's City Council Buildings

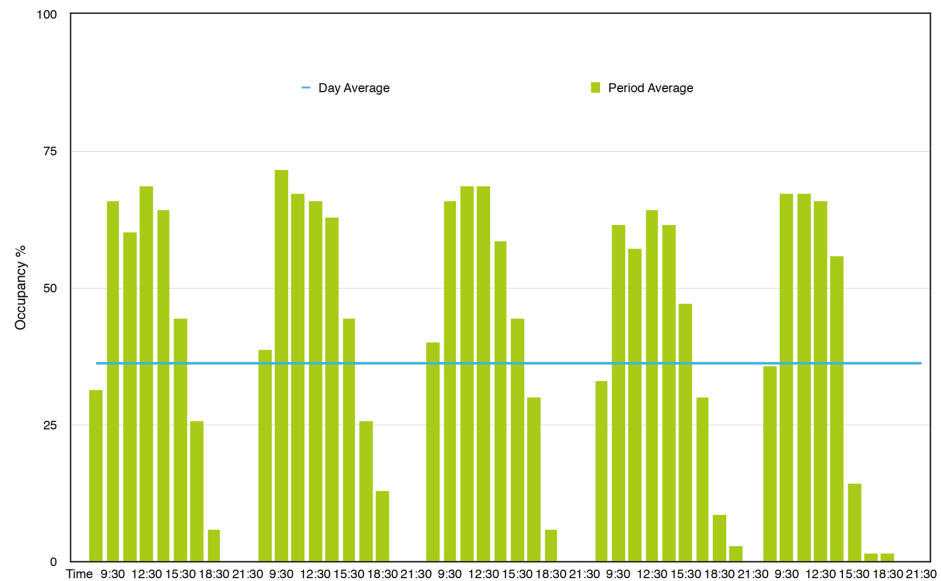
1. Porcentaje medio de ocupación -el número de espacios de trabajo en uso activo en un momento del tiempo, como una fracción del total de espacios de trabajo.
2. Clasificación de perfiles de actividad basados en la tipología de los patrones de ocupación individuales.
3. Series de mapas visuales animados en el tiempo, enseñando cuáles espacios están ocupados a lo largo de la semana sobre el plano de las oficinas.

El porcentaje medio de ocupación es una medida simple del número de espacios activos a lo largo del periodo de

A simple option would be for the factor to represent a margin of, say 10% about the highest recorded occupancy rate, above which the unused space and energy can be saved.

A more advanced option would be to statistically assess the correlation of user profiles: a high correlation along a single profile indicating low potential for workspace sharing; a low correlation or scattered profiles indicating sharing could be disruptive and only applicable on a 100% flexible workspace policy; whereas high correlation along 2 or 3 distinct profiles suggests significant potential for optimisation through workspace sharing.

Fig. 3. Average active computers within 90' periods (8 to 23 M-F)



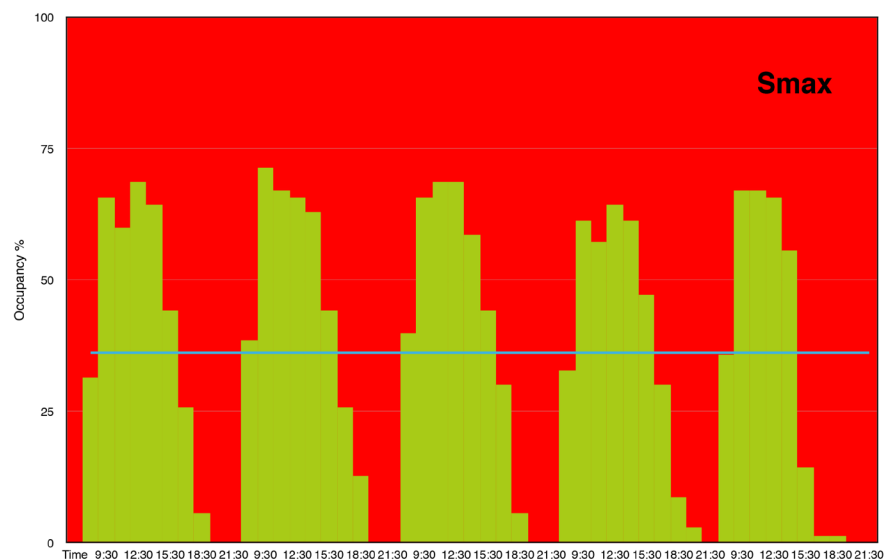
medición. El gráfico siguiente (Fig.3) enseña la media durante una semana en la oficina de Barcelona.

La media diaria raramente llega al 50%, en línea con los estudios previos en el Reino Unido y Finlandia, antes mencionados.

El siguiente (Fig.4.) representa la misma información para un día medio, resaltando el porcentaje de espacios en servicio que no está siendo utilizado del total "área día" (m²/h). Este representa el ahorro máximo teórico potencial

However, two factors suggest caution towards attempting deep statistical analysis. First, considering the aim of this tool to provide advice on energy-efficiency opportunities, decision-making may be easier based on viewing the data as presented, rather than the results of abstract behaviour analyses. Secondly, a reorganisation will affect the individual and how they carry out their work, which may play a greater role in its success than attempting statistical perfection.

Fig. 4. Maximum theoretical savings



en energía, espacio y costes de servicios asociados a través de la optimización (Smax).

Luego, necesitamos generar un factor de reducción aplicable, basado en lo que razonablemente puede ser alcanzado, sin comprometer la habilidad del staff de realizar sus tareas confortablemente.

Para determinar este factor hemos analizado la variación y frecuencia comparativa de los diferentes patrones de ocupación individual, para determinar el potencial de:

1. Zonificación - colocar los usuarios de perfiles similares en una zona, que luego puede ser apagada o cerrada fuera de las horas de utilización.
2. Compartir espacios entre diferentes usuarios - por ejemplo un usuario solamente matinal con un usuario vespertino.

Una opción sencilla sería que el factor represente un margen, digamos un 10% sobre el máximo registrado en el ratio de ocupación, sobre el cual el espacio sin utilizar y la energía podrían ser ahorrados.

Una opción más avanzada sería el cálculo estadístico de la correlación entre los perfiles de los usuarios: una alta correlación a través de un mismo perfil indicaría bajo potencial para compartir espacio de trabajo; una correlación baja o perfiles dispersos indicaría que el compartir espacio de trabajo sería muy disruptivo y solamente aplicable en un esquema de flexibilidad al 100%; sin embargo una alta correlación a través de dos o tres perfiles diferentes sugeriría significativo potencial para la optimización a través del espacio de trabajo compartido.

Sin embargo, dos factores sugieren precaución frente a la tentación de realizar un análisis estadístico demasiado profundo. Primero, considerando que el objetivo de esta herramienta es el de detectar oportunidades relacionadas con medidas de eficiencia energética, el proceso de decisión puede facilitarse basado en la observación de los datos como se presentan, en vez de la reproducción de resultados abstractos basados en análisis del comportamiento.

En segundo lugar, la reorganización afectará al individuo y a la forma en que este realiza su trabajo diario, y esto jugará un rol mucho más importante en su éxito que el intento de lograr la perfección estadística.

Perfiles

Los usuarios son clasificados en "Mañanas", "Mañanas + 1 tarde", "Día Completo" y "Esporádicos" (Fig.5)

Prestando atención a este sencillo gráfico podemos predecir sitio amplio de mejora, ya que únicamente el 32,86% de los usuarios trabajan el día completo.

Ejemplos gráficos de la actividad del usuario medida para cada perfil

Esta imagen muestra las diferentes formas derivadas de los niveles de actividad de L a V (Fig.6).

Una vez que los usuarios han sido perfilados estudiamos las mejores maneras de agruparlos espacialmente para mejorar la eficiencia de recursos con baja inversión. Usuarios de perfil esporádico son candidatos a uso de tables o móviles y a compartir escritorios.

Finalmente, las animaciones basadas en el tiempo y representadas en los mapas permiten observar los patrones de manera espacial y colectiva. Al observar

Users' profiles

Users are classified as "Morning only", "Morning + 1 afternoon per week", "Full Day" and "Sporadic" (Fig.5)

Paying attention to this simple graph we could predict ample room for optimisation because only 32,86% of the users work the whole day.

Graphic examples of metered user activity for each profile

Fig.6 shows the different shape of the activity level M-F.

Once all the devices are classified by their main usage profile we study best ways of spatially grouping users to improve resources efficiency with a very low level initial investment. Users with a sporadic profile suggests they can use tablets or mobile devices, and / or share common workspaces.

Finally, time series visuals of mapped data enabled usage patterns to be viewed spatially and collectively. By viewing user activity maps in a 'movie' over a time period of one day or one week, we were able to observe shifting patterns of where activity is concentrated at a given time. Also, locations and areas that remained unused for a sustained period of time were apparent. Finally, the location spread of outlying users active before 0900 or after 1700 was shown, allowing assessment of the level of relocation required to place these users in, for example, a single out-of-hours active zone.

In the case of Sant-Feliu, little out-of-hours activity was observed, though significant workspaces (29%) were used less than 10%. There were a number of spatial outliers - a high-activity user surrounded by low activity workspaces

In the case of Barcelona, a low numbers of out-of-hours users caused energy systems to remain on throughout the building. Relocating these users into a smaller out-of-hours zone and adjusting energy control settings accordingly, presented an opportunity for an estimated €1800 annual electricity savings per floor, without investment. This estimated savings are based only in existing lighting control

Fig. 5. Percentage of each profile.

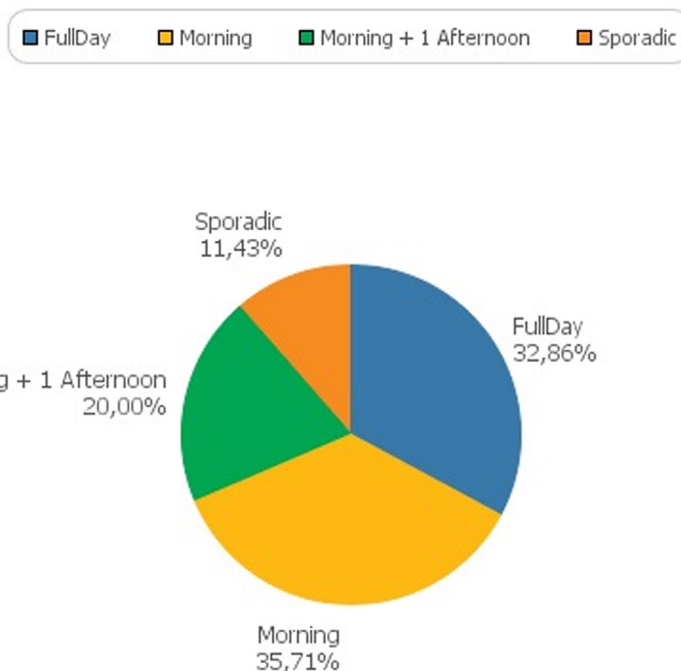
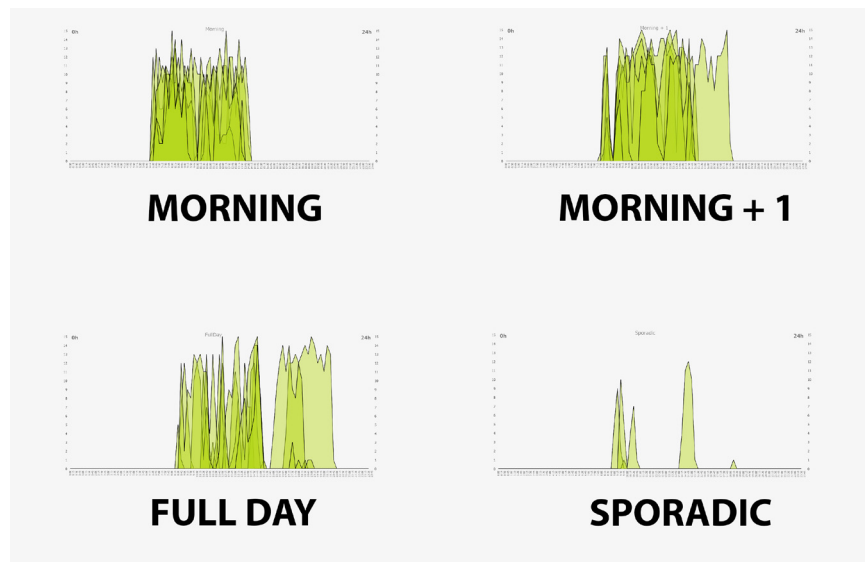


Fig. 6.



la actividad de los usuarios en una película abarcando el tiempo de un día o una semana, somos capaces de observar el cambio de patrones o dónde la actividad se concentra en un momento determinado. Asimismo, las ubicaciones o áreas que permanecen sin usarse por un periodo prolongado de tiempo son evidentes. Finalmente, la dispersión de ubicación de los usuarios activos antes de las 9AM o después de las 5PM es fácilmente observada, permitiendo asumir cuál es el nivel de reubicación necesario para colocar a estos usuarios en, por ejemplo, una única zona activa después de horas habituales.

En el caso de San Feliu de Llobregat, se ha observado escasa actividad fuera de horas aunque sin embargo un significativo número de espacios de trabajo (29%) es usado menos del 10% del tiempo. Se observó un alto número de disidencias espaciales - un usuario de alta actividad rodeado por espacios mayormente inactivos.

En el caso de Barcelona, los ahorros potenciales iniciales se enfocaron en el bajo número de usuarios fuera de horas que causan que los sistemas energéticos del edificio permanezcan encendidos a través de toda su extensión. La reubicación de estos usuarios en zonas más pequeñas fuera de horas, y el ajuste de los controles energéticos de acuerdo a esto, presentan una oportunidad de ahorro aproximado de 1800 € anuales solamente en iluminación por planta (sin añadirse ahorros derivados de otros factores), sin inversiones adicionales.

Protocolo provisional

Utilizando los datos generados por el análisis inicial, el siguiente protocolo ha sido desarrollado para aplicarse en un plan de optimización energética y del espacio de trabajo de un edificio de oficinas.

1. Fase 1, utilizando solamente datos de actividad, antes de representación espacial:

1.1. Calculamos un "índice de ocupación por actividad en el PC". Si es bajo inferimos un alto potencial de mejora a través de la optimización.

1.2. Clasificamos a los usuarios en diferentes perfiles, basados en tipo de actividad, y producimos un reporte que contabiliza dichos conjuntos.

1.3. Calculamos el máximo de ahorros alcanzables esperado: $S_{max} * \text{el Factor de Reducción}$.

without adding any other likely potential savings derived from other effects.

Draft protocol

The following protocol has been developed to apply WOeFix in an energy and workspace optimisation plan for an office building.

1. Stage 1, using only activity data, prior to mapping:

1.1 We analyze the activity database to extract an "occupation from PC activity index". If low, it infers a high potential for improvement through optimisation.

1.2 We classify the users in different profiles, based on type of activity, and produce a report with counts on those sets.

1.3 We calculate estimated savings: $S_{max} * \text{Reduction Factor}$

2. Stage 2, using mapped usage and occupancy data:

2.1 We plot the location data and do the movies to analyze re-location possibilities. Step one, floor by floor. Step 2, intra-floors. (Fig.7)

2.2 We estimate lighting control based in zones optimization, we calculate result in savings, and we do the same with HVAC... Fig. 8 shows reallocation proposal based on users matching profiles.

2.3 We calculate raw square meters saved by shutting down unneeded spaces.

Implication/Discussion

The results so far are too preliminary to judge the method successful. Occupancy rates in both case-study buildings reflect reference figures at around 50%, suggesting significant potential for savings through optimisation, as indicated in the literature.

The analysis provided a platform to accurately assess the impact of lighting controls, based on occupancy detection. By recording the length of off/on periods of active use, mapped onto the lighting layout the performance of occupancy-reactive dimming can be predicted and energy savings calculated. This information provides building managers with a reliable assessment of the expected return on investment in advanced controls. Further investigation will uncover if similar assessments can be done on HVAC

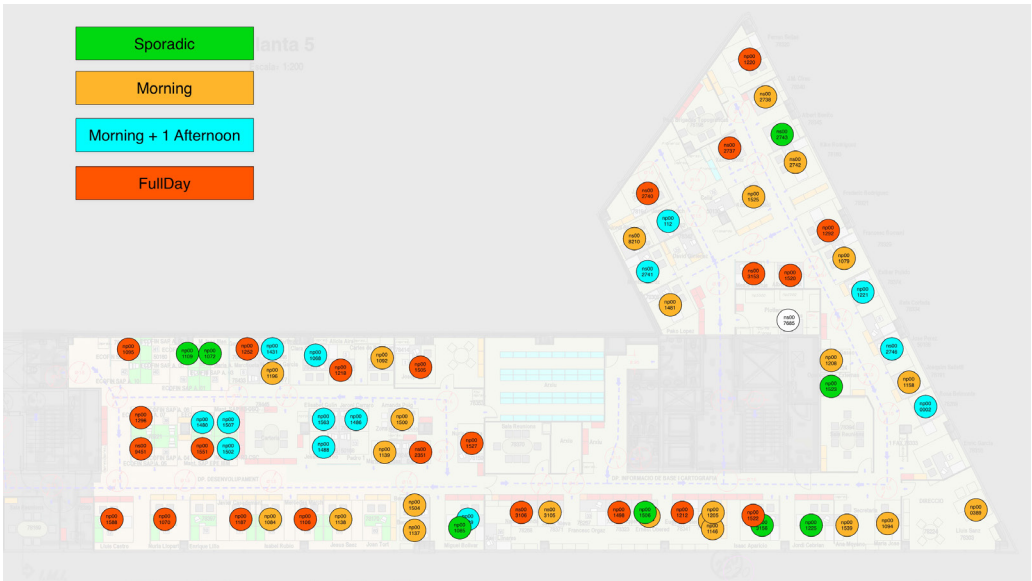


Fig. 7. Current location of users shown by profiles

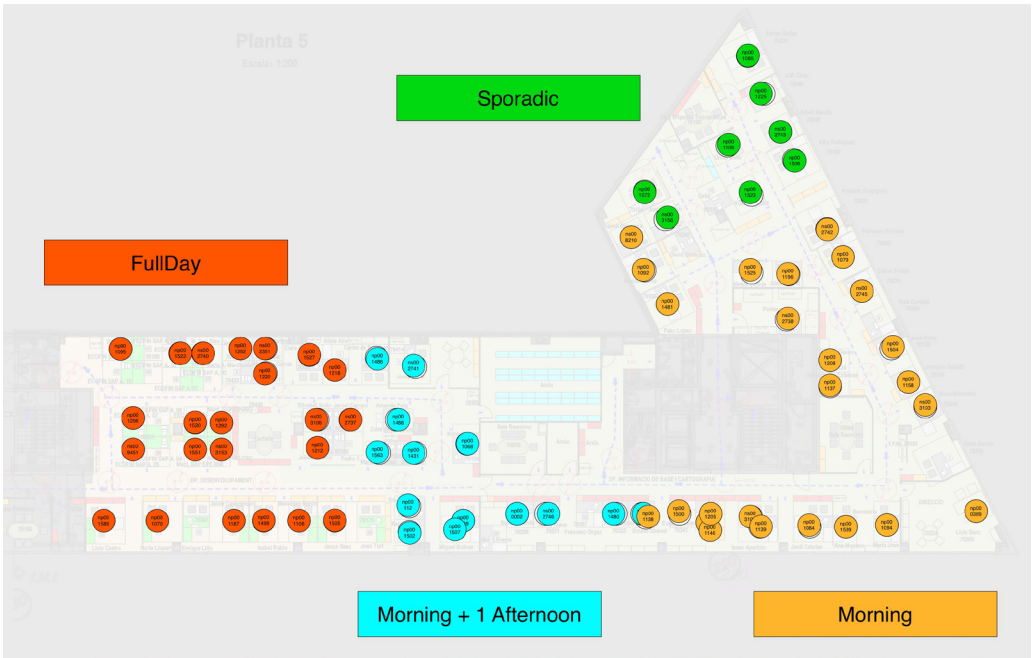


Fig. 8. A theoretical ideal relocation layout

2. Fase 2, utilizando mapas y representando los datos en el espacio:

- 2.1. Mapeamos los datos de ubicación y realizamos las animaciones para analizar posibilidades de recolocación. En cada planta primero, y luego intra-plantas (Fig.7)
- 2.2. Estimamos la optimización de las zonas para el control de la iluminación, calculamos los ahorros resultantes, y reiteramos para HVAC. Propuesta de reubicación por perfiles coincidentes (Fig.8)
- 2.3. Calculamos metros cuadrados ahorrados a través del cierre de espacios no necesitados.

Implicaciones/Discusión

Los resultados son de momento demasiado preliminares para juzgar el método como exitoso o no. Los ratios de ocupación en ambos casos de estudio reflejan figuras de referencia de alrededor del 50%, sugiriendo un potencial significativo para el ahorro a través de la optimización, como indica la literatura.

El análisis ha brindado una plataforma para estimar con precisión el impacto de la utilización de controles de iluminación, basados en la detección de la ocupación.

controls.

The spatial data collected demonstrated the complexity regarding activity patterns of multiple users. Further statistical analysis of the spread of activity - both temporal and spatial - may aid understanding of how usage and occupancy profiles interact. This in turn could help demonstrate the value of the tool in generating a metric to assess the practical feasibility of achieving the potential savings through optimisation, without compromising the individual usage profiles as determined by specific work demands and user decisions.

On the wider implications for urban planning, the analysis supports a deeper evaluation of the possibilities for rationalising use of existing workspace, before prescribing the need for new development. A long-term aim of this work to investigate opportunities for sharing of building resources, taking into consideration evolving mobile working practices, will provide a valuable contribution to this discussion.

Registrando la extensión de los períodos de on/off del uso activo, mapeados sobre el plano de la iluminación, la performance de controles reactivos a la ocupación puede ser pronosticada y los ahorros calculados.

Esta información provee a los gestores de edificios de un diagnóstico confiable sobre el retorno de inversión esperada al instalar controles avanzados. Investigación posterior descubrirá si similares diagnósticos pueden realizarse para el control de HVAC.

La colección de datos espaciales demuestra la complejidad relativa a los patrones de actividad de múltiples usuarios. Un análisis estadístico posterior sobre la dispersión de la actividad - tanto temporal como espacial - podría ayudar a comprender cómo interactúan la utilización de los ordenadores y los perfiles de ocupación.

Esto podría a la vez ayudar a demostrar el valor de la herramienta en la generación de métricas para calcular la factibilidad práctica de alcanzar el potencial de ahorros estimados a través de la optimización espacial, sin comprometer los perfiles individuales de uso determinados por demandas específicas del trabajo y decisiones de los usuarios.

Con respecto a las implicancias más amplias de la planificación urbana, el análisis soporta una evaluación más profunda de las posibilidades de racionalización del uso del espacio de trabajo existente, antes de prescribir la necesidad de nuevos desarrollos. Un objetivo a largo plazo de este trabajo es el de investigar, teniendo en consideración las prácticas de trabajo móvil, las oportunidades de compartir los recursos edilicios, y esto proveerá una contribución valiosa a esta discusión.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

- Botsman, R. & Rogers, R. (2009). *What's Mine is yours: How Collaborative Consumption is Changing the way we live*. Collins, London.
- Campos, A., Marques, M. and Neves-Silva, R. (2010) A Decision-Support System for energy-efficient investments on building renovations. *Proceedings of the 2010 IEEE International Energy Conference*.
- Carbon Disclosure Project, (2010). *Building a 21st Century Communications Economy*. Available from <https://www.cdp.net/en-US/WhatWeDo/Pages/21st-Century-Comms-Economy.aspx> Accessed June 28th, 2012.
- Carbon Trust. (2014) *Homeworking: helping businesses cut costs and reduce their carbon footprint*. Report CTC830. Carbon Trust, London.
- Cisco Systems Limited (2007). *How Cisco Designed the Collaborative Connected Workplace Environment*. http://www.cisco.com/web/about/ciscoitwork/collaboration/connected_workplace_web.html Last accessed on March 19th 2014.
- Coleman, M., Irvine, K., Lemon, M. and Shao, L. (2012). *Evaluating Personalised Energy Feedback Information for Behaviour Change in Commercial Buildings*. *Proceedings of 2012 International Energy Program Evaluation Conference, Rome, Italy*
- Davenport, E. & Bruce, I. (2002). Innovation, knowledge management and the use of space: questioning assumptions about non-traditional office work. *Journal of Information Science*, 28(3): 225–230.
- Deas, K. (2011). *Cutting carbon without cutting front line services: engaging stakeholders for better outcomes* (slide presentation) <http://www.lowcarbonworkplace.com/Docs/File/CRCEE110316LowCarbonWorkplaceMasterclass.pdf> Last accessed May 29th 2014.
- Dooley, K. (2011). *New Ways of Working: Linking Energy Consumption to People*. Olof Granlund Oy, Finland.
- Janda, K. B. (2011). "Buildings don't use energy: people do." *Architectural science review* 54(1): 15.
- Nordic Built (2012) *NORDIC BUILT Challenge: Finland*. <http://www.nordicbuilt.org> Last Accessed on 21 April 2013.
- Robert, M. & Börjessen, M. (2006). *Company Incentives and Tools for Promoting Telecommuting*. *Environment and Behaviour*. 38: 521-549
- Thaler and Sunstein, (2008) *Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press (Penguin Group, New York).

e2CO2cero: calculando la Energía Embebida y la Huella de Carbono de la Edificación

e2CO2cero: Embedded Energy and Carbon Footprint of Buildings

Ana Belén de Isla¹, Mikel Ruedas¹, Fátima Plaza¹, Francisco Campo², Itxaso Trabudua³, Ana de la Puente³, Eugenio Puerto⁴

ABSTRACT

En la búsqueda de una edificación cada vez más sostenible, los profesionales del sector han visto incluidas en los últimos años nuevas competencias, como la evaluación y certificación energética de los edificios, y la rehabilitación energética de edificios existentes. Conforme la relación entre medioambiente y edificación va siendo más cercana, se van ampliando la cantidad de información ambiental que es solicitada a los proyectistas o constructores por parte de promotores, la administración o los propios usuarios.

Entre la información que cada vez con mayor frecuencia se solicita está la Huella de Carbono, es decir, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (expresadas en CO2 equivalente) asociadas a la extracción, fabricación, transporte y puesta en obra de los materiales, así como a la ejecución de la obra.

Asimismo, muchos sistemas de certificación de la sostenibilidad abogan por premiar la reducción de la energía embebida de los edificios o de los materiales empleados en su construcción. La Energía Embebida de un edificio es la energía total consumida para la construcción del mismo. Contempla la energía empleada en los procesos de fabricación de los productos o materiales utilizados para la construcción, la energía consumida por el transporte de estos materiales a obra y la energía utilizada por la maquinaria en la ejecución de las distintas unidades de obra.

Dentro de este contexto, cuatro empresas vascas (IK INGENIERÍA, LKS INGENIERÍA, ECOINGENIUM y PACAY MEDIA) han desarrollado un software on line para el cálculo de la Huella de Carbono y la Energía Embebida de los edificios construidos o en proyecto. Esta herramienta, llamada e2CO2cero permite calcular, de una manera simple y rápida los dos indicadores citados atendiendo a los materiales incorporados y los procesos constructivos utilizados durante la fase de construcción.

Para ello, contempla dos tipos de cálculos posibles: una pre-evaluación o cálculo simplificado, válido para las etapas de anteproyecto o proyecto básico, y un cálculo completo, cuando ya está finalizado el proyecto de ejecución.

En el cálculo simplificado, e2CO2cero permite obtener un valor aproximado a partir de los principales parámetros del proyecto: Tipología, superficie construida, número de plantas, tipo de cimentación, estructura, cerramientos, instalaciones, etc. Los valores obtenidos mediante el cálculo simplificado han sido contrastados y validados por los resultados de los mismos proyectos, una vez realizado el cálculo completo

El cálculo completo permite importar el presupuesto de ejecución, siempre que éste haya sido realizado mediante el empleo de la Base de precios Precio Centro de Guadalajara 2013 o 2014. Sin necesidad de introducir datos adicionales, el software calcula la energía embebida y las emisiones de CO2 equivalente asociadas a dicho proyecto, de manera automática.

Para el desarrollo de la herramienta se ha realizado un potente trabajo de análisis de más de 13.000 partidas de la Base Precio Centro. Los resultados expresados están respaldados por otros tantos Análisis de Ciclo de Vida de materiales de construcción, sistemas constructivos, maquinaria y otros elementos auxiliares.

Gracias a esta nueva herramienta se pretende incentivar y ayudar a los proyectistas a diseñar edificios con un menor impacto ambiental, facilitando la elección de materiales más sostenibles.

www.e2CO2cero.com

Palabras clave: huella, carbono, energía, embebida, edificación

(1) LKS INGENIERÍA, Derio (Bizkaia) (2) IK INGENIERÍA, Barakaldo (Bizkaia), (3) ECOINGENIUM, Vitoria (Araba), (4) PACAY MEDIA, Barakaldo (Bizkaia). E: adeista@lksgroup.com

Introducción

La Implementación de la Directiva Europea 2010/31/UE de Eficiencia Energética en Edificios aprobada por el Parlamento y el Consejo Europeo en mayo de 2010 tiene como principal objetivo reducir un 20% el consumo energético para el 2020. Esta norma, que los estados deberán trasponer, obliga a renovar un mínimo de edificios públicos e impone auditorías energéticas a las grandes empresas. Además, a partir del 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos deben tener un consumo de energía casi nulo. Los nuevos edificios que estén ocupados y que sean propiedad de las autoridades públicas deben cumplir los mismos criterios después del 31 de diciembre de 2018.

Estas directivas consideran la energía utilizada en la climatización, iluminación y suministro de agua caliente sanitaria, y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas, pero obvian la energía embebida de los edificios y las emisiones de gases de efecto invernadero originados en fases anteriores a la puesta en marcha de los edificios.

Esta comunicación pretende dar un paso más allá y ampliar el actual concepto de arquitectura sostenible cuantificando la ENERGÍA EMBEBIDA y HUELLA DE CARBONO de los edificios para poder identificar acciones correctoras que los minimicen, y así, contribuir eficazmente al objetivo europeo 20/20/20.

La ENERGÍA EMBEBIDA es la energía total consumida para la construcción de un edificio. Contempla la energía empleada para la extracción de las materias primas, la utilizada en los procesos de fabricación de los productos, materiales o sistemas constructivos, así como la energía consumida por el transporte de estos materiales a obra y la energía utilizada por la maquinaria en la ejecución de las distintas unidades de obra. Junto al concepto de Energía Embebida se suele utilizar también el de HUELLA DE CARBONO, siendo la huella de carbono de un edificio el total de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos a consecuencia de la construcción de dicho edificio medido en masa de CO₂ equivalente.

Se presentan los resultados de la obtención de la ENERGÍA EMBEBIDA y la HUELLA DE CARBONO para seis edificios:

- 120 viviendas de protección oficial
- Edificio polivalente en Parque Tecnológico
- Ampliación de edificio administrativo
- Almacén logístico
- Sede central de empresa
- Edificio de servicios públicos

Se han elegido edificios de distintas tipologías (residencial, administrativo, industrial y servicios) y con distintas calificaciones energéticas para recoger un espectro suficientemente representativo.

El objetivo del estudio es conocer la incidencia del impacto de la fase de obra en el balance energético del ciclo de vida completo del edificio, mediante el análisis comparativo entre el valor del gasto energético de la construcción frente a la energía consumida en el uso del edificio. Idem con el indicador de Huella de carbono.

Ambos indicadores se han obtenido en todos los casos con el software informático e2CO2cero desarrollada por cuatro empresas: LKS, ECOINGENIUM, IK INGENIERIA y PACAY MEDIA utilizando la base de precios CENTRO gracias a un

Introduction

The European Directive 2010/31/UE of Energy Efficiency in Buildings approved by the European Parliament and European Commission in May 2010 with the objective of reducing at least 20% the energy consumption by 2020. This rule, which every member state must transpose, requires a minimum annual target of updates in public buildings and makes large enterprises carry out energy audits. Moreover, from December 31 2020 onwards, all new buildings must be nearly zero energy buildings. Public buildings must obey this rule from December 31, 2018 onwards,

These policies consider the energy used in air conditioning, lighting and hot water supply, as well as the greenhouse gases emissions due to these issues, but they obviate the embodied energy and greenhouse gases emissions originated in pre-commissioning phases of buildings.

This paper aims to take a step beyond and extend the concept of sustainable architecture quantifying the embedded energy in building and its carbon footprint in order to identify new actions to minimize these two indicators and to contribute effectively to the European targets 20/20/20.

The embedded energy in buildings is the total energy consumed for the construction of a construction. It includes the energy used for the extraction of source materials, the energy used in the manufacturing processes, as well as the energy used during the transport of these materials to the construction work place and the energy used by the enginery during the construction works. Besides embedded energy concept, carbon footprint is a useful indicator too. The building's carbon footprint is the global Greenhouse gases emitted as the result of the construction of the building measured in CO₂ equivalent.

This paper shows the results of EMBEDDED ENERGY and CARBON FOOTPRINT for six analyzed buildings:

- 120 Social Public Housing
- Multi-purpose Building at a Technology Park
- Enhancement of a public administrative building
- Logistic Warehouse
- Company's headquarters
- Public services building

Different types of buildings (dwelling, offices, industrial and services) with different energy consumption rates (A, B, C D) have been chosen in order to ensure that the survey is representative enough.

The paper's objective is to look into the incidence of the construction phase impact in the complete building life cycle, comparing construction work energy rate and energy rate for the use phase. Idem with the carbon footprint.

Both values have been calculated using E2CO2cero, a software developed by four companies: LKS, ECOINGENIUM, IK INGENIERIA and PACAY MEDIA. E2CO2cero uses the construction prices database generated by the Guadalajara's Quantity Surveyors Association. E2CO2cero has been funded by the Basque Government's GAITEK program, thanks to European FEDER funds.

E2CO2cero provides to the construction sector professionals an useful tool to design buildings fostering the usage of more and more sustainable constructions materials, with

acuerdo con el colegio de aparejadores de GUADALAJARA, y a la financiación FEDER obtenida a través del programa GAITEK.

E2CO2CERO ofrece a los profesionales del sector de la edificación una ayuda para diseñar edificios promoviendo la selección de materiales más sostenibles, de menor Energía Embebida y/o Huella de Carbono. Es una herramienta que puede ser utilizada desde las fases iniciales del diseño y permite evaluaciones y reevaluaciones sucesivas observado la incidencia de unos materiales y otros. De esta manera, se reduce el impacto ambiental de los edificios y los costes de construcción. Más información sobre esta herramienta en www.e2co2cero.com

Metodología e2CO2cero

El motor de cálculo de E2CO2cero incluye una base de datos homogénea y completa con más de 13.000 materiales de construcción cuyo análisis se ha realizado utilizando diversas fuentes: documentación técnica de fabricantes, Declaraciones ambientales de productos (DAPs), y datos propios de las empresas desarrolladoras. Para las descripciones de productos o sistemas constructivos se ha tomado la descripción contemplada en la base de precios CENTRO, del Colegio de Aparejadores de Guadalajara.

Metodológicamente se han seguido las directrices de las siguientes normas ISO:

- ISO14040:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework.
- ISO14044:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines.
- ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures.

En coherencia con las directrices ISO el análisis de ciclo de vida del material ha tenido en cuenta las siguientes fases y sub-fases:

A. FABRICACIÓN

- A.1 Extracción
- A.2 Transporte a fábrica
- A.3 Proceso de fabricación
- A.4 Embalaje

B. TRANSPORTE

- B.1 Transporte del producto al lugar de construcción

C. PUESTA EN OBRA

- C.1 Maquinaria
- C.2 Mano de obra
- C.3 Medios auxiliares

A continuación se muestran tres imágenes como ejemplo de la interface grafica de la herramienta E2CO2 y de los gráficos resultantes (imágenes 01-03).

En ocasiones ha sido necesario realizar asunciones y simplificaciones tomando valores medios o valores esperados en aplicaciones de buenas prácticas constructivas. Para cada una de las etapas se han tomado las siguientes consideraciones.

Fabricación

- Extracción:

Low Energy Embedded and Carbon Footprint. E2CO2cero software could be used from the beginning of the design and lets successive evaluations and reevaluations noting the impact of decisions made. Thus, buildings' environmental impacts are cut down and construction costs as well. More information about this software in www.e2co2cero.com

E2CO2CERO METODOLOGY

E2CO2cero database is homogeneous and complete and it has got more than 13,000 construction products, whose analysis was done using various sources: technical information from manufacturers, environmental product declarations, and own data from the four software developing companies. Construction prices database developed by the Guadalajara's Quantity Surveyors Association has been used for the construction products descriptions.

Guidelines of the following ISO standards have been followed:

- ISO14040:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework.
- ISO14044:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines.
- ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures.

According to these ISO guidelines materials' life cycle analysis have taken into account the following phases and sub-phases:

A. MANUFACTURING

- A.1 Mining and pulling out
- A.2 Transport to factory
- A.3 Manufacturing process
- A.4 Packaging

B. TRANSPORT

- B.1 Transport from factory to the construction work site

C. CONSTRUCTION WORKS

- C.1 Machinery
- C.2 workforce
- C.3 Auxiliary resources

Three images showing E2CO2cero interface and automatically generated charts as results are showed below (images 01-03).

Sometimes it has been necessary to make assumptions and simplifications using average values or expected values according to good construction practices. For each phase the following assumptions have been made.

Manufacturing

- Mining and pulling out:

Values have been calculated according to ISO 14040:2006, ISO 14044:2006 and ISO 14025:2006 guidelines, as well as standard procedures for life cycle analysis and average values got from manufacturers and consulted sources.

- Transport to factory:

An accurate calculation has not been carried out due to the

Fig. 1. Ejemplo de interface de E2COcero.

E2COcero interface.

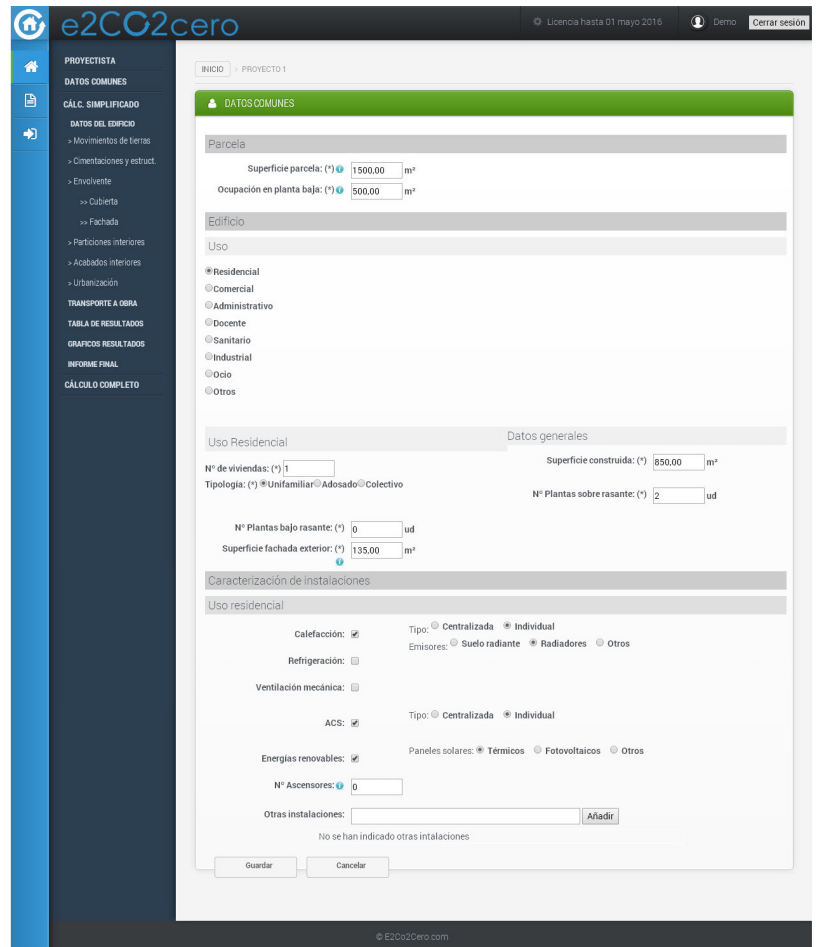


Fig. 2. Ejemplo de interface de E2COcero.

E2COcero interface.

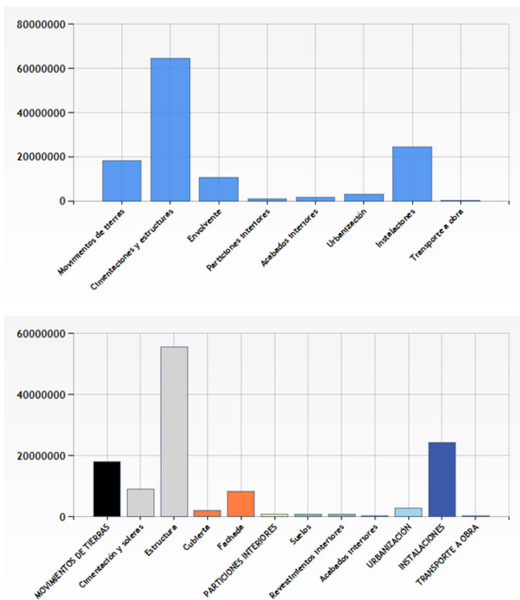
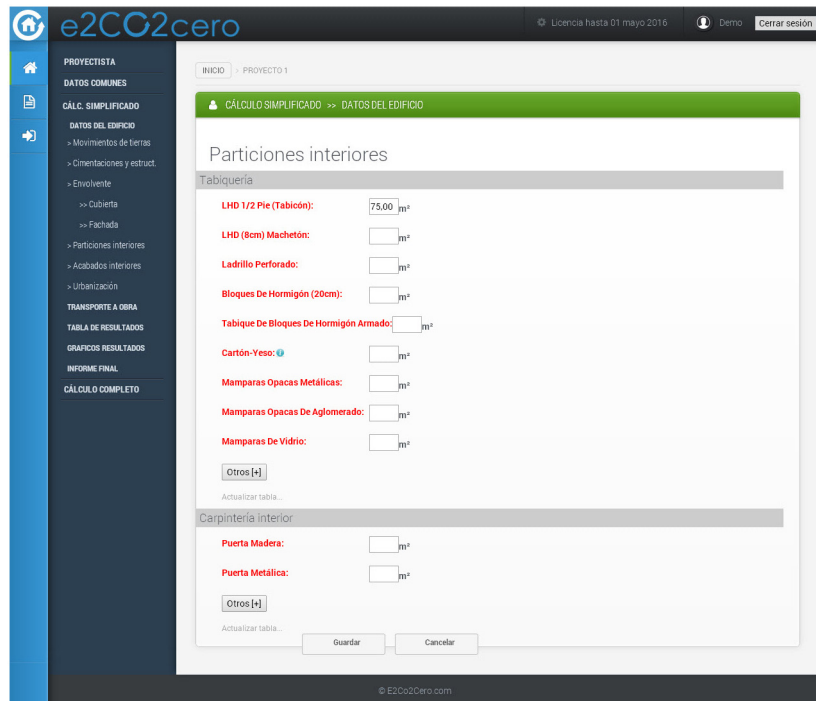


Fig. 3. Gráficos resultantes de E2COcero

E2COcero Charts Results



Calculado según metodología de las normas ISO 14040:2006, ISO 14044:2006 e ISO 14025:2006, procedimiento habitual en el análisis de ciclo de vida y datos medios obtenidos a partir de los fabricantes y fuentes consultadas.

- Transporte a fábrica:

Dada la disparidad de datos y casuísticas que pueden encontrarse en este apartado no se ha realizado un cálculo

disparity of caseloads and data that can be found out in this issue. Instead, E2Co2cero developing team agreed to assign to each material a percentage of the results obtained in the mining and manufacturing categories.

- Manufacturing process

Values have been calculated according to ISO 14040:2006, ISO 14044:2006 and ISO 14025:2006, guidelines, as well

preciso, que no hubiera respondido a la realidad analizada. En su lugar se ha optado por asignar a cada material un porcentaje proporcional a los resultados parciales obtenidos en las categorías de extracción y fabricación.

- Proceso de fabricación:

Calculado según metodología de las normas ISO 14040:2006, 14044:2006 y 14025:2006, procedimiento habitual en el análisis de ciclo de vida y datos medios obtenidos a partir de las fuentes consultadas.

- El embalaje:

El impacto de la subfase de embalaje no se ha tenido en cuenta por no disponer de datos precisos para su cálculo y debido a la probable escasa incidencia sobre los resultados finales.

Transporte

- Transporte del producto al lugar de construcción:

Se ha realizado el cálculo estableciendo unos porcentajes (en peso) de material con origen local, regional, interregional o nacional e internacional. A cada una de las casuísticas se ha asociado una distancia media y uno o varios de los medios de transporte habituales en el sector construcción.

Puesta en obra

- Maquinaria y mano de obra:

Se ha estimado el consumo de energía y huella de carbono correspondiente a las maquinarias incluidas en la definición de las partidas de BASE CENTRO a partir de potencias y tiempos medios de uso de dicha maquinaria para completar las actividades descritas. No se ha tenido en cuenta la parte proporcional de fabricación y fin de vida de la maquinaria, por considerar despreciable su repercusión en la obra.

Respecto a la mano de obra, se entiende que su impacto en ambas categorías es nulo, obviando el impacto causado por los empleados en su desplazamiento diario a obra.

- Medios auxiliares:

No se contemplan por entenderse reutilizables y con un impacto prácticamente nulo en el conjunto de cada partida.

Resultados obtenidos

E2CO2cero permite obtener los resultados de energía embebida y de huella de carbono para el conjunto del edificio, ofreciendo también los resultados por metro cuadrado construido y un desglose de ambos indicadores por cada capítulo de obra.

En los seis casos analizados se han obtenido los siguientes resultados parciales (imagen 04):

Los resultados son bastante dispares, con un rango de emisiones entre los 485KgCO2/m2 y los 2571KgCO2/m2, pero coherentes con las características de los edificios seleccionados. El proyecto con mayor huella de carbono se corresponde con un edificio de compleja estructura metálica y un ratio muy alto de instalaciones por m2 construido.

Podría realizarse una análisis pormenorizado de cada caso y una comparativa entre los impactos relativos de fase de obra (cimentación, estructura, envolvente, etc..) pero el objetivo de esta comunicación es comparar la incidencia de los impactos de la fase de materiales y ejecución de obra sobre el impacto global atendiendo al ciclo de vida

as standard procedures for life cycle analysis and average values got from manufacturers and consulted sources.

- Packaging

Packaging impact has not been taken into account due to the lack of accurate data needed for the calculation procedure and for the very limited impact expected on the final results.

Transport

- Transport from factory to the construction work site:

Accurate calculation has been carried out by setting a percentage (of weight) of material locally, regional, interregional, national and international sourced. An average distance has been defined whereas conveyances can be chosen by the E2CO2cero software final users.

Construction works

- Machinery and workforce:

The energy consumption and Carbon Footprint of the machines included in the Construction prices database from the Guadalajara's Quantity Surveyors Association have been estimated due to the powers and average-use time of the machinery to complete the described activities. It has not been taken into account the fabrication and end of life of the machinery, considering that those are not significant.

Regarding the workforce, its impact on both categories is

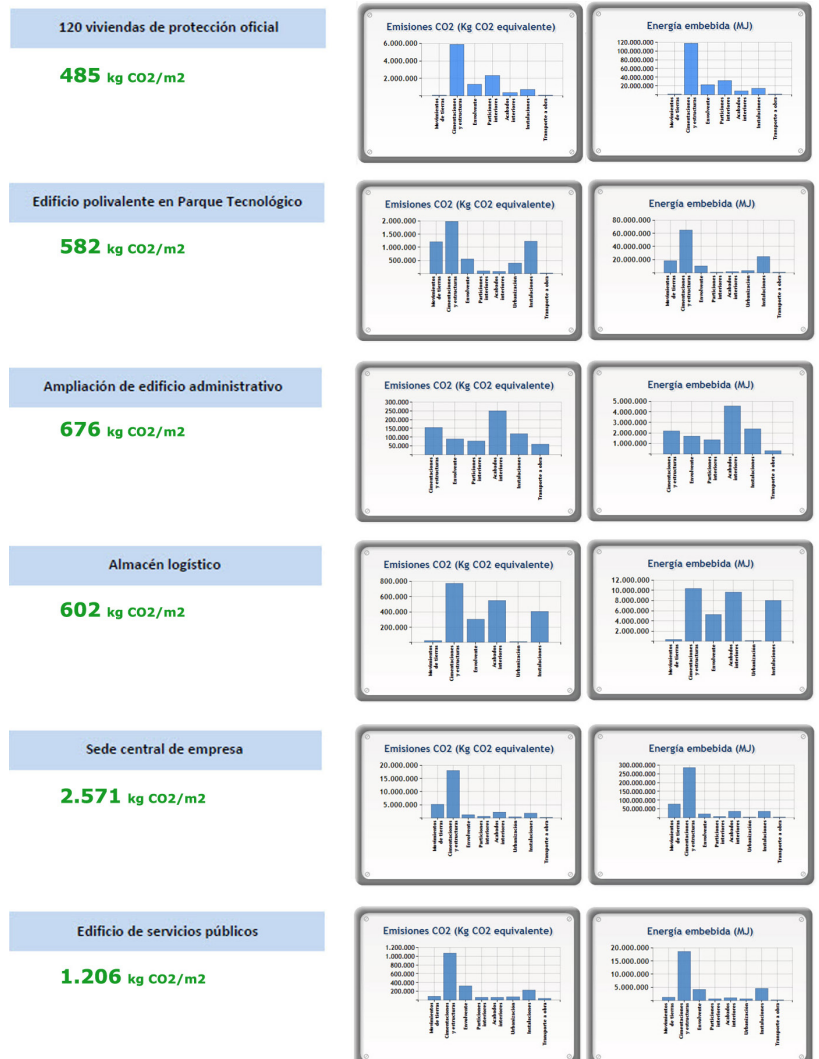


Fig. 4. Resultados obtenidos en los seis proyectos analizados

Results obtained for the six projects analyzed

completo del edificio.

Se intuye que en la medida en que los edificios sean cada vez más eficientes energéticamente y el recurso a las energías de origen renovables generadas in situ más frecuente, realidad que se impondrá en los edificios nuevos que deban cumplir las directivas europeas, el peso del impacto de la fase de Uso y Mantenimiento se reducirá, mientras que la energía embebida y huella de carbono permanecerá constante o en aumento debido al empleo de materiales y sistemas más tecnológicos y por tanto con una mayor mochila ecológica.

Para cuantificar el peso relativo de cada una de las dos fases se recurre a los datos de la calificación energética de cada uno de los seis proyectos, extrapolando los resultados para una vida útil teórica de 50 años, 35 en el caso del almacén logístico atendiendo a la vida útil prevista en la ley hipotecaria (imagen 05).

considered null, and not taking into account the impact of the employees' daily trip to the work site.

- Auxiliary resources.

They are not considered, because auxiliary resources are usually reusable and therefore, have very low impact.

Obtained results

E2CO2cero assesses the embedded energy and the carbon footprint offering results for the whole building as well as the ratio per square meter. It analyzes the incidence of each construction work chapter, too. The particular results obtained for the six cases analyzed are showed in Image 04.

Obtained results are quite disparate, with a range of emissions between 485 KgCO₂eq/sqm and 2.571 KgCO₂/sqm; though, the results are consistent with the

Edificios	EMISIONES FASE EJECUCIÓN Emisiones CO2 kgCO2/m2	Letra	EMISIONES VIDA ÚTIL DEL EDIFICIO Emisiones CO2			EQUIVALENCIA Años necesarios para alcanzar ejecución	Emisiones CO2 kgCO2/m2 análisis ciclo de vida				
			kgCO2/m2 año	Vida útil	kgCO2/m2		Ejecución de obra	Uso y Mantenimiento	TOTAL		
120 viviendas de protección oficial	485	B	9,3	50 años	465	52	485	51%	465	49%	950
Edificio polivalente en Parque Tecnológico	582	C	55,0	50 años	2.750	11	582	17%	2.750	83%	3.332
Ampliación de edificio administrativo	676	B	34,4	50 años	1.720	20	676	28%	1.720	72%	2.396
Almacén logístico	602	C	90,0	35 años	3.150	7	602	16%	3.150	84%	3.752
Sede central de empresa	2.571	A	16,6	50 años	830	155	2571	76%	830	24%	3.401
Edificio de servicios públicos	1.206	D	224,8	50 años	11.240	5	1206	10%	11.240	90%	12.446

Fig. 5. Emisiones en cada una de las fases para los seis casos analizados.

Emissions of each phase for the six analyzed projects.

Las emisiones de CO₂ estimadas para la fase de fabricación de materiales y ejecución de obra, comparadas con las correspondientes a toda la vida útil del edificio -sin tener en cuenta su demolición- suponen los siguientes porcentajes:

- 51% en el caso de las 120 viviendas de protección oficial
- 17% en el caso del Edificio polivalente en Parque Tecnológico
- 28% para la Ampliación de edificio administrativo
- 16% en el Almacén logístico
- 76% en el Edificio sede empresa
- 10% en el Edificio de servicios públicos

En dos de los seis edificios analizados el impacto de la huella de carbono en la fase de ejecución es superior a la obtenida en la fase de uso y mantenimiento. Se trata del edificio de viviendas de VPO y la sede corporativa con calificaciones energéticas B y A, respectivamente, y para los cuales el impacto de la fase de ejecución supone un 51% y un 76% respectivamente. En el resto de casos el impacto de la fase de ejecución es inferior al 25%.

La imagen 06 muestra de forma gráfica el peso específico de cada una de las dos fases en las emisiones totales de CO₂ de cada proyecto:

Los cuatro primeros casos analizados muestran una cierta coherencia en los resultados, con una media en la huella de carbono de 586,25 KgCO₂/m² en la fase de construcción y unas emisiones medias de CO₂ de 2.021KgCO₂/m² para toda la vida útil estimada en 50 años. Los ejemplos quinto y sexto son casos extremos en los que una de las fases muestra un comportamiento anómalo. La sede central tiene una altísima huella de carbono debido sobre todo a la incidencia de la estructura metálica e instalaciones y el edificio de servicios público tiene un alto consumo de energía en la fase de uso debido a una alta demanda energética. Ambos ejemplos distorsionan la media pero sirven para evidenciar las diferencias entre edificios eficientes y aquellos que no lo son.

characteristics of the selected buildings. The highest Carbon Footprint corresponds to the headquarters, a building with a quite complex metal structure and a very high ratio of facilities per square meter.

An in-depth analysis of each case could be made, as well as a comparison of the relative impacts of the construction phase (foundations, structure, facade, etc ...), but the aim of this paper is to compare the incidence of the impacts of two phases, extraction and transformation of the materials and construction, with the impact of the whole life cycle of the building.

New buildings designed to achieve the European Directives goals are expected to be more energy efficient, and they will frequently generate their own renewable energy. In this scenario, the weight of the operation and maintenance phase impact will unquestionably be reduced, while the embedded energy and the carbon footprint of the building will remain constant or increasing, due to the use of more technological materials and systems, and therefore with greater ecological rucksack.

To assess the relative weight of each of the two phases, data from the energy rating of each of the six projects are used, extrapolating the results to a theoretical 50 years lifespan, though this is reduced to 35 in the case of the logistic warehouse, in accordance to the mortgage law (Fig. 05).

The comparison between equivalent CO₂ emissions estimated for the material manufacturing phase and the construction phase, and the total emissions generated in the whole lifespan of the building (not considering its demolition) are the following:

- 51% in the case of the 120 public housing project
- 17% in the case of the multi-purpose building at a technology park
- 28% in the case of the enhancement of the administrative building
- 16% in the case of the logistic warehouse

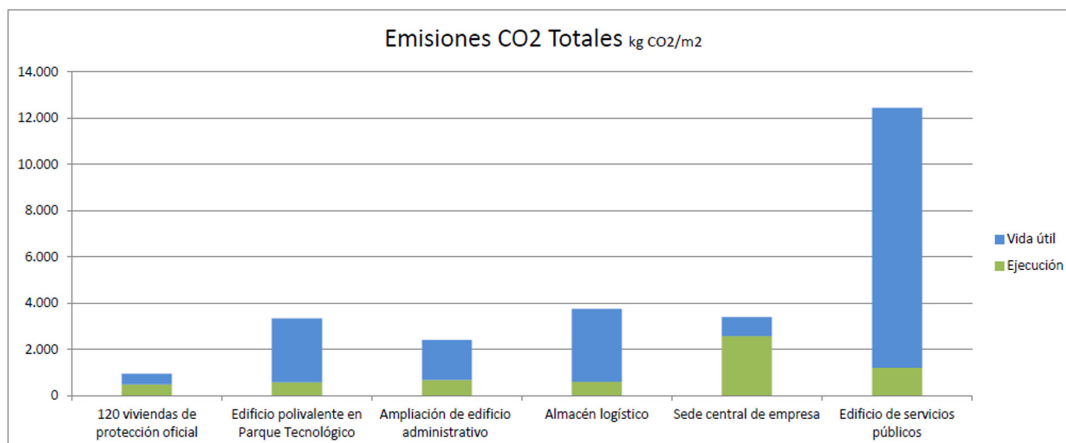


Fig. 6. Impacto en cada una de las fases del ciclo de vida de los proyectos analizados.

Weight of each phase related to the total CO2 emissions of each project.

Conclusiones del estudio

La comparación entre la energía consumida en el uso de un edificio y la energía embebida originada por su construcción se ve fuertemente afectada por los sistemas constructivos utilizados y la existencia y complejidad de las instalaciones proyectadas.

En dos de los seis edificios analizados el impacto de la huella de carbono en la fase de ejecución es superior a la obtenida en la fase de uso y mantenimiento. Se trata del edificio de viviendas de VPO y la sede corporativa que tenían calificaciones energéticas B y A, respectivamente, y para los cuales el impacto de la fase de ejecución supone un 51% y un 76% respectivamente.

Por el contrario, en los edificios con calificación energética D el impacto en la fase de uso y mantenimiento es tan importante que llega a suponer el 90% del impacto global a lo largo del ciclo analizado.

Si comparamos el impacto de la energía embebida con un edificio de referencia que cumpla estrictamente con los criterios del CTE modelizado según LIDER-CALENER, obtendremos que el gasto energético en la construcción es equivalente al gasto energético a lo largo de 30 años

Por otra parte, el hecho de que los edificios cada vez sean más eficientes en el consumo energético en la etapa de uso del edificio, disminuyendo su demanda energética a través de las medidas contenidas en la actualización del CTE, hace que la energía embebida de los edificios tenga mayor importancia, y por tanto deba contemplarse como un factor más a tener en cuenta en su diseño.

Por último, nos gustaría indicar que el cálculo de ACV desarrollado para cada uno de los componentes constructivos se ha basado en un producto estándar, conforme a las indicaciones especificadas por la base de precios, por lo que no se han tenido en cuenta procesos específicos de una determinada marca o producto, en los que la fabricación del material se haya desarrollado mediante procesos especiales, o empleando fuentes de energías renovables, que harían disminuir su huella de carbono. Esta limitación podría ser superada en la medida en que los fabricantes vayan aportando valores propios, que pueden ser incorporados al software e2CO2cero por cada usuario final.

- 76% in the case of the company headquarters building
- 10% in the public services building

In two of the six analyzed buildings, the Carbon Footprint impact in the construction phase is higher than the one in the operation and maintenance phase. These are the public housing (B energy rated) and the company headquarters buildings (A energy rated). In these two cases, the construction phase weights a 51% and 76%, respectively, while in the other cases, this impact is below the 25%.

Image 06 shows graphically the weight of each of these phases related to the total CO2 emissions of each project.

The first four analyzed cases show some consistency in the results, with an average carbon footprint of 586,25 KgCO2/sqm in the construction phase and 2.021 KgCO2/sqm according to the considered lifespan. The other two examples correspond to extreme cases, in which one of the phases shows an anomalous behavior. The headquarters office has a high Carbon Footprint, due primarily to the impact of the metal structure and the facilities. The public services building has a high operation energy consumption, due to a high energy demand. Both examples distort the average but serve to highlight the differences between efficient and non-efficient buildings.

Research conclusions

The balance of the energy consumed throughout the operation of a building and its materials' and construction's embedded energy varies strongly depending on the building constructions methods and the existence and complexity of the proposed facilities.

In two of the six analyzed buildings, the Carbon Footprint impact in the construction phase is higher than the one in the operation and maintenance phase. These are the public housing (B energy rated) and the company headquarters buildings (A energy rated). In these two cases, the construction phase weights a 51% and 76%, respectively.

In opposition, in buildings with a very low energy rate (D-rated), the operating and maintenance phase is so important that sometimes reaches the 90% of the overall life cycle impact.

If we assessed the impact of the embedded energy in a reference building that strictly meets the Building Technical Code (CTE, in its Spanish initials) criteria, modeled with the LEADER-CALENER tool, the result would be that the energy expenditure of the construction (fabrication of the materials plus construction works) is equal to the energy expenditure

along 30 years of use of the building.

Moreover, the fact that buildings are more and more energy efficient in their operation phase, with a lower energy demand due to the requisites established in the CTE, makes the embedded energy a major important issue, and therefore it should be considered as an important factor to consider in the design of the building.

Finally, we would like to indicate that the calculation of the LCA developed in E2CO2cero for each of the building components is based on a standard product, according to the specifications shown in the Guadalajara's price database. Therefore, specific processes of a particular brand or product have not been considered, and its Carbon Footprint could be lowered by taking into account a special manufacture process or by using renewable energy sources. This limitation of the tool could be overcome by the provision of the manufacturers' own values, which can be already incorporated in E2CO2cero database of products by the final users.

Producción y gestión de energía en edificios. Vidrios Activos con cámara de agua en circulación

Energy production and management in buildings. Active glazing with water flow chamber

Fernando del Ama Gonzalo¹, Carlota Sáenz de Tejada Granados¹

ABSTRACT

Buildings are responsible for, approximately, half of the energy consumption of the planet. Designing buildings with energy saving criteria is fundamental in reducing the consumption, but it is not enough. It is becoming more and more necessary to integrate efficient production technologies and energy management. Building codes are introducing the requirement to reduce both the energy demand and consumption in buildings, in order to reach a nearly-zero energy consumption in a few years time. In this context, the concept of Regenerative Building appears; it is the one able to give back to nature the energy consumed during its construction process. To meet the parameters of a regenerative building, not only is it necessary to design with energy-efficient parameters and to choose suitable devices, but it also requires new materials and constructive solutions that make the building an energy producer, either for its own use, or to pump it in the existing city network.

Given the passive actions, which favor thermal insulation in buildings, active elements able to produce and manage energy in their immediate surrounding have been developed. One of these systems is the active water-flow windows. The advantage of water, compared to other stone materials, is its great heat capacity; it has a larger storage capacity per volume unit than the materials mentioned. Furthermore, water has the ability of transporting energy. It is transparent to visible solar radiation, and resistant to infrared radiation, so the use of this glazing allows the light to trespass, and blocks the heat.

The Technical Building Code, opposed to traditional prescriptive codes, is based on allowances and implies more openness to innovation. This option is justified, since the building knowledge and technology are in constant progress, in such way that regulation promotes research and does not hinder technological progress. The active water-flow window panels are being introduced in the market. This article shows real data obtained by means of monitoring a building that integrates this technology in its envelope.

Palabras clave: Edificios regenerativos, gestión de la energía, agua como material de construcción.

Key words: Regenerative Buildings, Energy Management, Water as a construction material.

(1) Escuela Politécnica Superior. Universidad CEU San Pablo, Madrid.
E: ama.eps@ceu.es

Introducción

El diseño sostenible busca aportar para las necesidades humanas fundamentales; el diseño regenerativo va más allá, planeando de cara a la futura co-existencia y co-evolución de humanos y otras especies.

Los edificios tienden a ser entendidos como estáticos, con poca o ninguna interacción con su entorno inmediato o con sus ocupantes. El diseño sostenible ha empezado a cambiar esta concepción a través del establecimiento de normativas y sistemas de evaluación de edificios "verdes". Sin embargo, edificios innovadores ahora desafían los paradigmas de la construcción tradicional, e incluso los estándares de diseño sostenible actuales, al concebir los edificios como estructuras dinámicas e interactivas, que buscan integrarse y restaurar el medio natural de su entorno.

Producir más energía de la que el edificio consume y repartir el exceso a otros edificios para que éstos cumplan con sus demandas energéticas es un concepto regenerativo. El proceso de diseño regenerativo promueve las relaciones entre lo construido y el medio natural; leyes como la transmisión de calor, la termodinámica o el rendimiento de los materiales determinan el diseño del sistema global, y la selección de la maquinaria.

Un importante paso hacia los edificios de energía neta nula es minimizar las cargas energéticas requeridas. Esto se puede acometer a través del diseño de sistemas de climatización energéticamente eficientes, del diseño solar pasivo, aumentando el aislamiento, con envolventes de alta eficiencia energética, con ventilación natural, con vidrios de alto rendimiento energético, o con dispositivos de alto rendimiento.

A las ventanas, por tanto, se les ofrece la oportunidad de convertirse en dispositivos ahorradores de energía, reduciendo las cargas térmicas y eliminando el dominio de éstas sobre los edificios.

Con la conciencia del consumo energético cada vez más presente desde la fase de diseño, la tecnología en este sector acomete los problemas ya no solo de una forma pasiva, sino convirtiendo al vidrio en parte activa de una más eficiente gestión de los recursos energéticos.

Tecnologías del vidrio

El vidrio siempre ha acompañado a las grandes evoluciones tecnológicas de la construcción, adquiriendo progresivamente un papel más relevante, hasta el punto de convertirse en la envolvente completa de un edificio. Aunque capaz de generar conceptos positivos como luminosidad, ligereza y relación visual, también ha generado importantes problemas de cara a la eficiencia energética; problemas que podrían resumirse en excesivas pérdidas energéticas en invierno, y ganancias exageradas en verano.

Tecnologías no productoras de energía

Para solucionar el problema de las pérdidas en invierno, existen tratamientos de capa que reducen la emisividad del vidrio para retener el calor del interior [1]. El tratamiento de capa de control solar permite reducir la cantidad de radiación térmica que penetra en verano. Estos tratamientos no reducen ni la transmisión luminosa ni la visibilidad.

En los vidrios con cámara de aire ventilada, el flujo ascendente aprovecha al máximo el efecto de flotabilidad

Introduction

Sustainable design aims to provide for fundamental human needs; regenerative design goes further, planning for the future co-existence and co-evolution of humans and other species.

Buildings tend to be thought of as static, with little if any interaction with their immediate environment or occupants. Sustainable design has begun to change these conceptions through the establishment of "green" building standards and rating systems. However, innovative building concepts are now challenging the traditional building paradigm and even today's standards for sustainable design by conceiving buildings as dynamic and interactive structures that seek to integrate and restore the natural environment surrounding.

Producing more energy than the building consumes and sharing the excess so other buildings can meet their energy demands is a regenerative concept. The regenerative design process promotes relationships between the built and the natural environment; laws such as heat transfer, thermodynamics or material performance determine an overall system design, and an equipment selection.

An important first step toward a net zero energy building is to minimize the energy loads required. This can be accomplished through energy efficient HVAC design, passive solar design, increased insulation, high-efficiency building envelope, natural ventilation, high performance glazing, or high-performance appliances.

Windows are therefore offered the opportunity to be used as energy saving devices, reducing heating and cooling loads and eliminating internal-load dominated buildings.

Increasingly aware of energy consumption from the design phase, the technology in this sector faces the problems no longer in a passive way, but turning the glass into an active part of a more efficient management of energy resources.

Glazing technologies

Glass has always followed the great building technology evolutions, acquiring an increasingly larger role, until the point of becoming the whole envelope of a building. Although able to generate positive concepts such as luminosity, visual relation or apparent lightness, it has also generated important energy efficiency problems. These could be summarized in excessive energy losses in the winter, and exaggerated energy gains in the summer.

Non energy-producer technologies

Certain layer coatings have been developed in order to reduce the emissivity of the glass, and to retain the heat charge inside. This low-emissivity glazing is used in solving the problem of excessive heat loss in winter [1]. The solar control layer coating reduces the amount of thermal radiation that enters through the glazing in summer. Neither of these coatings reduce nor the light transmission, nor the visibility.

In airflow windows, the upward flow takes full advantage of the thermal buoyancy effect. The air can be extracted from the interior space, and driven to the exterior (by pressure or temperature differential). The airflow provides a cooling effect, and the glass pane in contact with the interior space lowers its temperature, benefitting the summer comfort conditions.

Acting in the air chamber can improve the insulation capacity in double-glazed windows, for instance by filling it

térmica; se puede extraer el aire del espacio interior y conducirlo al exterior (por diferencia de presión o de temperatura). Esta corriente de aire provoca un efecto de enfriamiento, y el vidrio en contacto con el espacio interior reduce su temperatura, ayudando a alcanzar las condiciones de confort en verano.

Otros tipos de actuación en la cámara, como rellenarla con gas inerte o hacer el vacío, puede mejorar la capacidad aislante del conjunto del doble acristalamiento [2,3].

Los vidrios fotocromáticos, termocromáticos y electrocromáticos varían su color y transparencia como reacción a la luz y al calor [4].

El uso de aerogel (o nanogel, en el caso de ser granulado) en la cámara es una gran aportación en cuanto a aislamiento térmico, aunque se hace a costa de perder transparencia.

Tecnologías productoras de energía

Los vidrios fotovoltaicos, además de aportar un oscurecimiento frente a la radiación solar, generan electricidad [5]. La cantidad de radiación solar que deja pasar al interior depende en gran medida del área de células solares que contenga. Estas células solares pueden ser opacas (cristalino, figura 1a), o translúcidas (amorfo, figura 1b). La transmitancia solar de los vidrios translúcidos se puede ajustar cambiando el área transparente entre las células, dispuestas en un malla regular [6].

with inert gas, or by it being a vacuum space [2,3].

Photochromic, thermochromic and electrochromic glazing vary in color and transparency as a reaction to light and heat [4].

The use of aerogel (or nanogel, when granulated) in the chamber is adding a great property in terms of thermal insulation, though this is done at the expense of losing transparency.

Energy-producer technologies

Photovoltaic glazing, apart from providing shade from solar radiation, generates electricity. The amount of solar radiation that is allowed through depends mostly on the surface of solar cells it contains. These solar cells can be opaque (crystalline, figure 3a), or translucent (amorphous, figure 3b). The translucent glazing's transmittance can be adjusted by changing the transparent area between cells, which are placed in a regular grid [6].

Another emerging solution is the bio-reactive façades. An example of this is the SolarLeaf technology; a project promoted by ARUP, from which prototypes are already functioning (BIQ House, Hamburg, Germany). The photo-bio-reactive panels consist of various glass layers, between which live microalgae that grow with the sunlight and feed on CO₂. The growth of these algae provides shadow

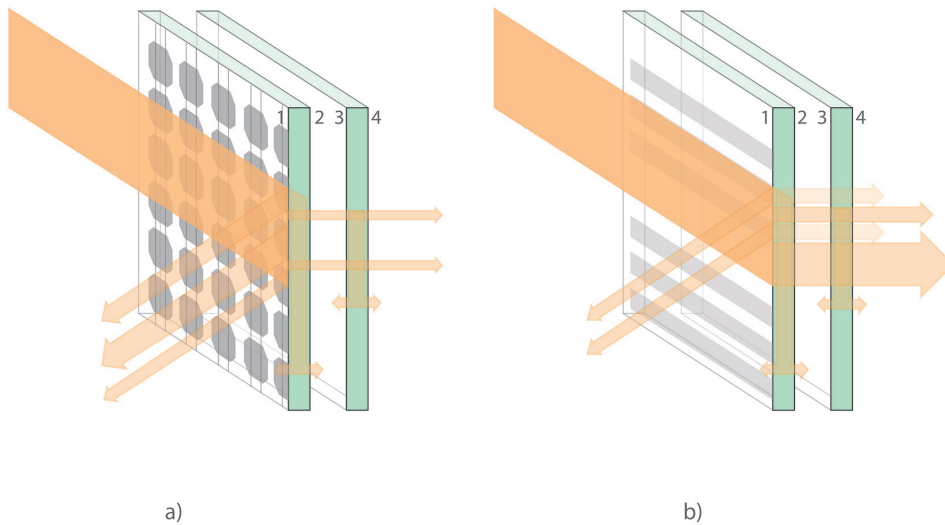


Fig. 1. Vidrio fotovoltaico. a) cristalino; b) capa fina. Photovoltaic glazing. a) crystalline; b) amorphous.

Otra solución emergente es la de las fachadas bio-reactivas. Ejemplo de ello es la tecnología SolarLeaf; un proyecto promovido por ARUP del cual ya existen prototipos en funcionamiento (BIQ House, Hamburgo, Alemania). Los paneles foto-biorreactores constan de varias capas de vidrio, entre las cuales se alojan microalgas que crecen con el sol y se alimentan de CO₂. El crecimiento de estas algas aporta sombra cuando la incidencia solar es grande, y constituyen una biomasa que, junto con el calor almacenado, son fuentes de energía renovable para calentar el agua de consumo del edificio.

Por otro lado, se pueden desarrollar dobles acristalamientos donde el fluido de la cámara sea agua en circulación, de tal manera que pueda absorber el calor de la radiación solar directa [6], para después almacenarlo en depósitos de inercia, o recircularlo a zonas deficitarias de energía en el mismo edificio [5].

when the solar incidence is big, and constitutes a biomass that, together with the heat stored, are renewable energy sources to generate hot water in the building.

Double-pane windows can also be developed with circulating water through the chamber, allowing the water to absorb the heat of direct solar radiation [6], to then store it in buffer tanks or re-direct it to other areas of the building with energy demand [5].

This active glazing provides control over the thermal load striking the glass surface, since the upward circulating water through the chamber absorbs the infrared radiation. The amount of heat that is removed with water is much larger than the same effect done by air [8]. The flow of water through the chamber not only avoids radiation entering the interior space, but also reduces the temperature of the interior glass pane. The thermal gains in a space are

Este acristalamiento activo proporciona el control de la carga térmica que incide sobre el vidrio, ya que el agua circulando de forma ascendente por la cámara absorbe la radiación infrarroja. La cantidad de calor que se elimina gracias al agua es mucho mayor que con el mismo efecto realizado por aire [8]. Con el paso del agua por la cámara, no solo se evita que la radiación entre en el espacio interior, sino que también se reduce la temperatura del propio vidrio interior. Las ganancias térmicas de un espacio se reducen considerablemente, reduciendo así el gasto energético de refrigeración. Esto aporta un confort térmico y visual, puesto que el cerramiento se mantiene siempre transparente. Además, esta solución puede servir como sistema de precalentamiento del agua, conectándolo con otras instalaciones de climatización del edificio (como suelos radiantes o geotermia). Su efectividad está demostrada especialmente en climas cálidos sin temperaturas exteriores extremas [8] y se está estudiando la combinación de diferentes tipos de vidrio entre sus capas para multiplicar sus posibilidades [6]. La figura 2 muestra el comportamiento de esta solución en condiciones de invierno (2a) y de verano (2b).

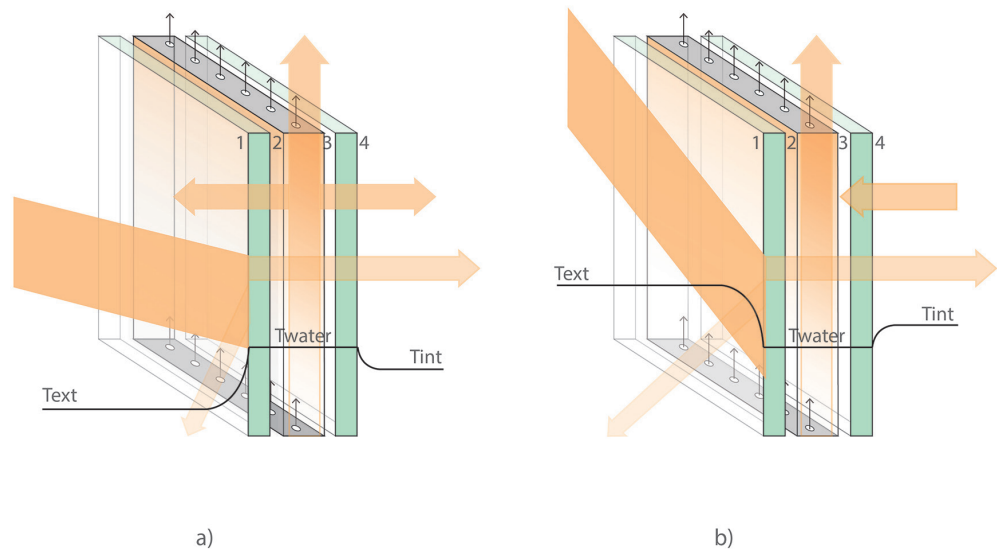
considerably reduced, together with the cooling energy expenditure. This provides a thermal and visual comfort, since the glazing always appears clear and transparent. Alongside, this solution can work as a pre-heating device by connecting it with other climate-control systems in the building (such as radiant floors of geothermal installations). Its effectiveness is proven especially in hot climates with no extreme exterior temperatures [8], and its combination with other technologies within its layers is being studied in order to enhance its possibilities [6]. Figure 2 shows the performance of this solution in both winter (2a) and summer (2b).

Active water-flow windows

The energy per unit time absorbed by the fluid (or evacuated by the glazing) equals the sum of acting energy fluxes: a portion of the solar radiation absorbed by the glazing plus energy exchange with the outside air due to natural/forced convection and radiation plus energy exchange with the inside of the building due to natural convection and radiation.

Fig. 2. Vidrio activo con cámara de agua en circulación. a) Invierno; b) Verano.

Active water-flow glazing. a) Winter; b) Summer.



Vidrios activos con agua en circulación

La energía por unidad de tiempo que el fluido absorbe (o evacua a través de la ventana) equivale a la suma de los flujos de energía actuantes: una porción de la radiación solar absorbida por el vidrio, mas la energía intercambiada con el aire exterior por convección (natural o forzada) o por radiación, además de la energía intercambiada con el interior del edificio, debida a la convección natural y a la radiación.

$$\dot{m}c(T_w - T_{ext}) = i_0 S_e \alpha_w - h_{ext} S(T_w - T_{ext}) - h_{int} S(T_w - T_{int}),$$

donde \dot{m} es el flujo de agua en Kg/s; c es el calor específico del agua en J/kgK; T_w es la temperatura del agua entre dos paños de vidrio; T_{ext} es la temperatura exterior; i_0 es la radiación solar en W/m²; S_e es la superficie de la ventana, proyectada perpendicularmente a la dirección del sol; α_w es el coeficiente de absorción del agua de la cámara; h_{ext} es el calor exterior transferido y h_{int} es el coeficiente de

$$\dot{m}c(T_w - T_{ext}) = i_0 S_e \alpha_w - h_{ext} S(T_w - T_{ext}) - h_{int} S(T_w - T_{int}),$$

where \dot{m} is water flow in Kg/s; c is specific heat of water in J/kgK; T_w is the temperature of water between two glass panes; T_{ext} is the temperature outside; i_0 is solar radiation in W/m²; S_e is surface of the window projected perpendicularly to the sun direction; α_w is absorption coefficient of water chamber; h_{ext} is the exterior heat transfer coefficient or film coefficient and h_{int} is the interior heat transfer coefficient or film coefficient.

A large percentage of the absorbed energy can be easily evacuated in the water flow thanks to its high heat capacity (4.186 kJ/kg K) and can be stored in a buffer tank, providing sufficient thermal inertia to the system. Typical water storage volume is 100 liter per m² glazing.

Triple glazing features a third layer of glass within the same frame. Fluids filling each of the gaps are water and air, respectively. This arrangement is very adequate in moderate climates since it provides an increased insulating

calor interior transferido.

Un gran porcentaje de la energía absorbida puede ser evacuada fácilmente con el flujo del agua, gracias a la

alta capacidad calorífica (4.186 kJ/kg K), pudiéndose almacenar en un depósito de inercia, aportando así suficiente inercia térmica al sistema. El volumen típico de almacenamiento de agua es 100 litros por cada m² de vidrio.

Los vidrios triples contienen una tercera capa de vidrio en la misma carpintería. Los fluidos que rellenan cada hueco son agua y aire, respectivamente. Esta disposición es muy adecuada en climas moderados, puesto que aporta un mayor efecto aislante, además de los beneficios de la absorción infrarroja del agua. Además, temperaturas nocturnas en torno a los 15-20 °C podrían aportar un medio muy adecuado de enfriamiento, cuando el agua que ha circulado durante el día se almacena en un depósito suficientemente grande. No obstante, el uso de vidrios triples en climas cálidos se debe considerar detenidamente. En primer lugar, la posición de los fluidos que rellenan las cámaras –empezando por el exterior- es importante: el aire añade capacidad aislante, mientras que el agua añade inercia térmica. En segundo lugar, el incremento de temperatura en el aire varía en gran medida dependiendo de si recibe radiación solar directa (capa exterior) o si aporta aislamiento a los espacios ocupados (capa interior).

Resultados experimentales

La Facultad de Periodismo de Castilla la Mancha en el Campus de Cuenca (40°04' N, 02°08' W, altitud 946 m) se encuentra en un edificio de nueva construcción, con una planta rectangular. Un vestíbulo de 16m de altura recibe luz solar a través de un muro cortina orientado a oeste. El vestíbulo tiene una escalera a lo largo de la pared oeste, y dos pasillos en cada planta llevan a las aulas a ambos lados. El edificio contiene dieciséis aulas en total, cada una de ellas con grandes ventanas orientadas a este o a oeste. El sistema de climatización consiste en suelos radiantes para enfriar y calentar, y unidades de tratamiento de aire de alta eficiencia energética. La energía de los suelos radiantes se obtiene de una bomba de calor geotérmica conectada a 16 pozos repartidos en el solar donde se encuentra el edificio. El aire para la ventilación lo aporta una unidad de tratamiento de aire con baterías de agua, conectada a una bomba de calor exterior.

La radiación solar durante la tarde causa un importante problema en el vestíbulo, puesto que su fachada oeste consiste en 160m² de muro cortina, basado en perfiles de aluminio extruido conteniendo 80 vidrios dobles transparentes, de espesores variables, que incorporan una capa laminada de vidrio con una capa intermedia reductora del ruido. Puesto que la superficie de suelo radiante no es suficiente para aportar enfriamiento al espacio del vestíbulo y la unidad de tratamiento de aire fue dimensionada para eliminar tan solo las ganancias de calor latente, se instaló un muro cortina activo con un sistema de Vidrios Activos con agua en circulación.

La Figura 3 muestra el funcionamiento del sistema. Cada fila de cinco paneles está conectada a un circuito secundario con un intercambiador de calor. Una bomba circula el agua desde los vidrios hasta el intercambiador de calor, donde entrega la energía solar absorbida al agua que circula por el intercambiador en el circuito primario. La temperatura de impulsión de los vidrios activos está controlada por una válvula mezcladora de tres vías. Un bomba suministra al

effect on top of the benefits of infrared absorption by water. Furthermore, cool night temperatures around 15-20 °C can provide a very adequate means for cooling when the water circulated during daytime is stored in a sufficiently large tank. Circulating the water (at controlled temperature) once more during the night would benefit from free-cooling effect. However, the use of triple glazing in hot climates should be carefully considered. First of all, the position of the filling fluids –starting from the outside- is important: air adds insulating capacity while water adds thermal inertia. Secondly, temperature increase in the air varies significantly depending on whether it receives direct sun radiation (outer layer) or it provides insulation to occupied spaces (inner layer).

Experimental results

The Faculty of Journalism of Castilla La Mancha University in Cuenca Campus (40°04' N, 02°08' W, elevation 946 m) is located in a new building with a rectangular floor plan. A 16m-high lobby receives daylight through a west-facing curtain wall. The lobby has a staircase along the west wall and two corridors in each floor leading to classrooms on both sides. The building contains sixteen classrooms in total, each of them having large windows facing either east or west. The HVAC system consists of radiant floors for cooling and heating and high efficiency air units for ventilation. Energy for the radiant floors is obtained from a geothermal heat pump connected to 16 wells scattered throughout the plot where the building is located. Ventilation air is supplied by an air-handling unit with water batteries connected to an outside heat pump.

Solar radiation in the afternoon causes a major problem in the lobby since the west-bearing façade is a 160 m² curtain wall, made of extruded aluminum frames filled with 80 2x1 m transparent double glazing panels with different thicknesses of glass, incorporating a laminated layer of glass with a noise-reducing interlayer. Since the radiant floor surface was not sufficient to provide cooling for the lobby space and the air-handling unit was dimensioned to eliminate only latent heat gains, an active curtain wall with Active Glazing water-flow systems was installed.

Figure 3 shows how the system works. Each row of five panels is connected to the secondary circuit of a plate heat exchanger. An in-line pump circulates the water from the glazing to the heat exchanger, where it delivers the solar energy absorbed to the water circulating in the heat exchanger primary circuit. The temperature of active glass water supply is controlled by a mixing three-way valve. One in-line pump supplies the primary circuits of all sixteen heat exchangers with water from the radiant floors' return collector; return water from the primary circuits mixes with return water from the radiant floors before entering a buffer tank.

Figure 4 shows real data obtained from two different summer days. The design flow is 1 liter/(min m²) for the windows, and the flow of each row of active glazing is 10 liters per minute. Real data has been collected in the installation during the month of July 2013. On Sunday 2013-07-07 the building was closed and the system was not working: circulating water inside the chamber warmed up to over 45°C and heat was transmitted to the interior. On Monday 2013-07-08 the system was on, and the temperature of the circulating water was kept below 35 °C.

The amount of heat absorbed by the curtain wall is the result of multiplying the flow of water through the whole façade times the specific heat of water and times the

Fig. 3. Esquema de principio de la climatización. 1) Enfriadora 2) Unidad de tratamiento de aire; 3) Suelo radiante; 4) Muro Cortina activo; 5) Depósito de inercia; 6) Bomba de calor geotérmica; 7) Pozos geotérmicos.

Diagram of all the systems involved in the hall's HVAC. 1) Outside Cooling unit 2) Air processing/handling units with cooling coil; 3) Radiant floors; 4) Active glass curtain-wall; 5) Buffer tank; 6) Geothermal heat pump; 7) Geothermal wells.

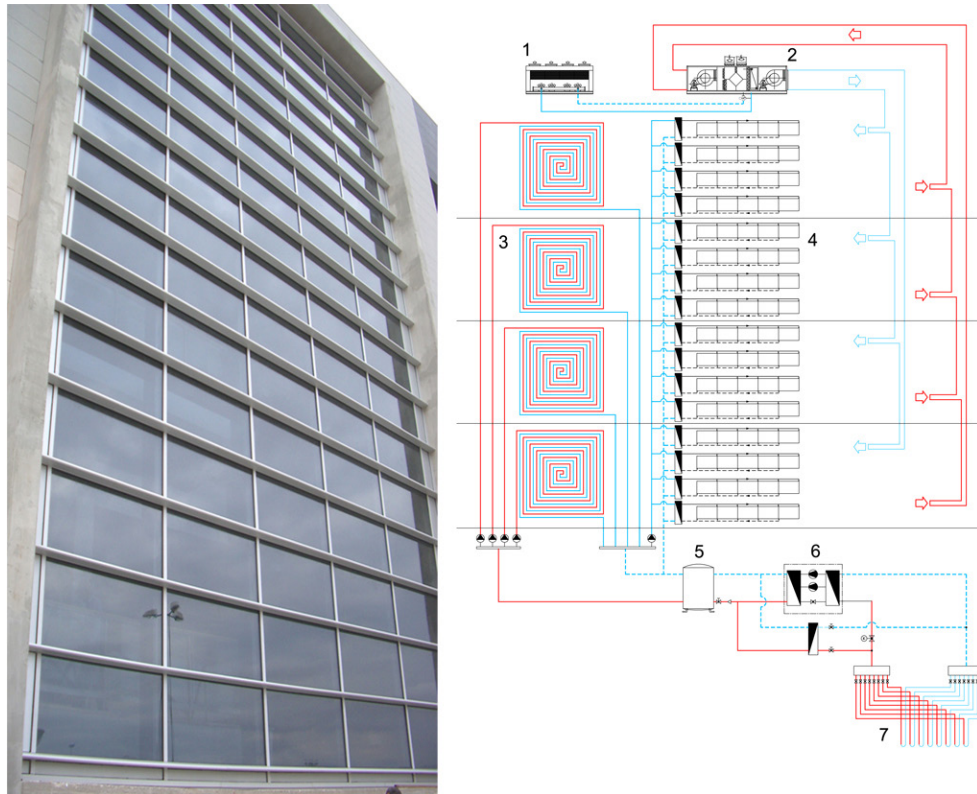
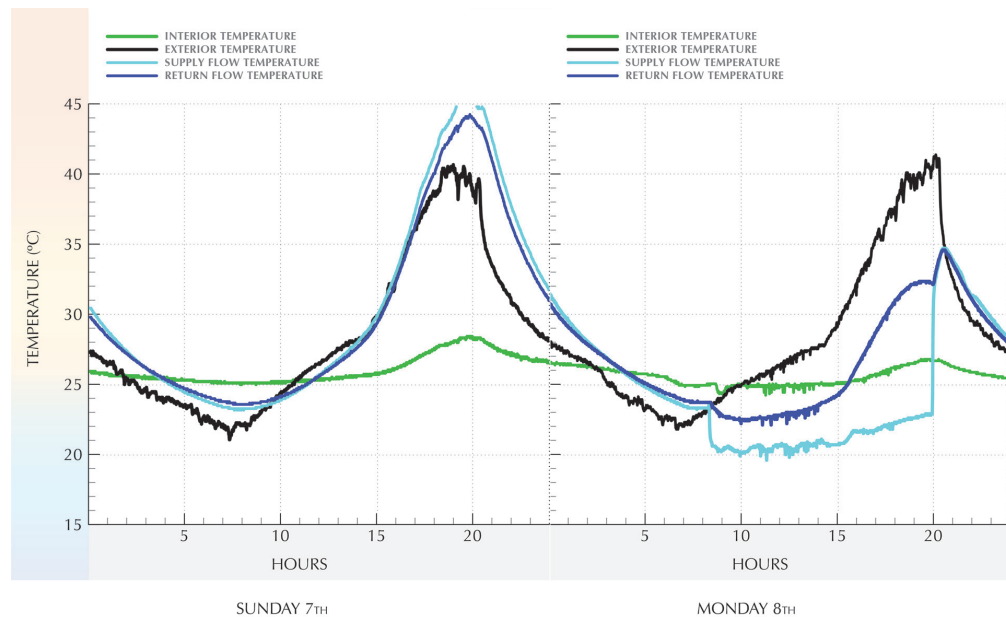


Fig. 4. Temperaturas obtenidas en 2 días consecutivos. T_{int} representa la temperatura interior, T_{ext} la temperatura exterior, T_{imp} es la temperatura del agua en las ventanas, T_{ret} es la temperatura de la salida del agua de las ventanas; a) sistema parado el domingo 7 de julio de 2013; b) lunes 8 de julio de 2013 con el sistema funcionando.

Experimental temperatures for two different situations. T_{int} represents the inside temperature, T_{ext} the outside temperature, T_{imp} the supply water temperature, T_{ret} the return water temperature; a) system stopped on Sunday 2013-07-07 b) system circulating on Monday 2013-07-08.



circuito primario de todos los dieciséis intercambiadores de calor con agua del retorno de los suelos radiantes; el agua de retorno del circuito primario se mezcla con el agua de retorno de los suelos radiantes antes de entrar en el depósito de inercia. El agua de los depósitos se enfría por una bomba de calor geotérmica.

Para observar el comportamiento del muro cortina activo se han instalado sondas de temperatura en el circuito de impulsión de agua, en el circuito de retorno, en el interior del vestíbulo y en el exterior del edificio. La Figura 4 muestra datos reales obtenidos en dos días de verano diferentes. El caudal de diseño es 1 litro/(min m²) para las ventanas, por lo que el caudal total que circula a través del muro cortina es de 129,6 litros/minuto. Se han tomado datos reales en la instalación durante el mes de julio 2013. El domingo 2013-07-07 el edificio estaba cerrado y el sistema de circulación

difference of temperature between the inlet and outlet to the windows.

This system avoids radiation entering the interior space. Besides, the heat absorbed by water can be stored in buffer tanks, working as a pre-heating device for Domestic Hot Water. Figure 5 shows the amount of energy produced between 3 July and 10 July 2013. No energy was produced during the weekend, since the systems were not working those days. The figure also shows that the DHW energy consumption of the building during the same period of time is lower than the amount of energy produced by the curtain wall, comparing it with the DHW consumption of a building with 300 occupants and use of school with showers.

Figure 6 shows the results of data during a sunny winter's day with an exterior temperature range from -1°C to

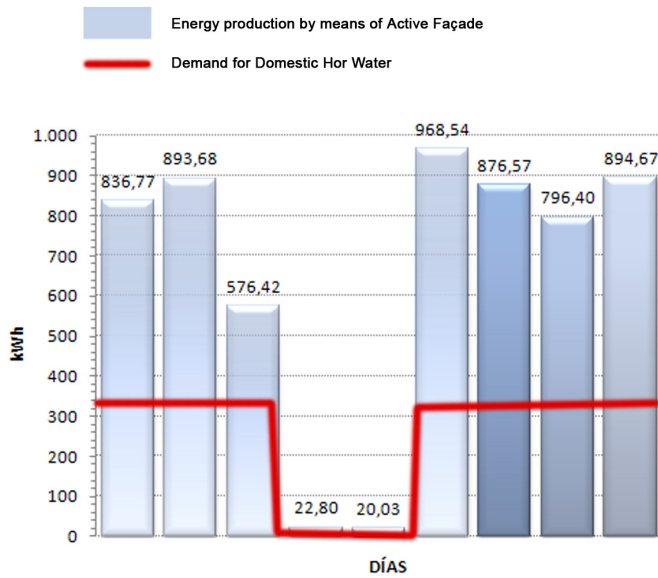


Fig. 5. Producción de energía (kWh) durante un periodo de 9 días del mes de julio de 2013. Energy production (kWh) during a 9 day summer period.

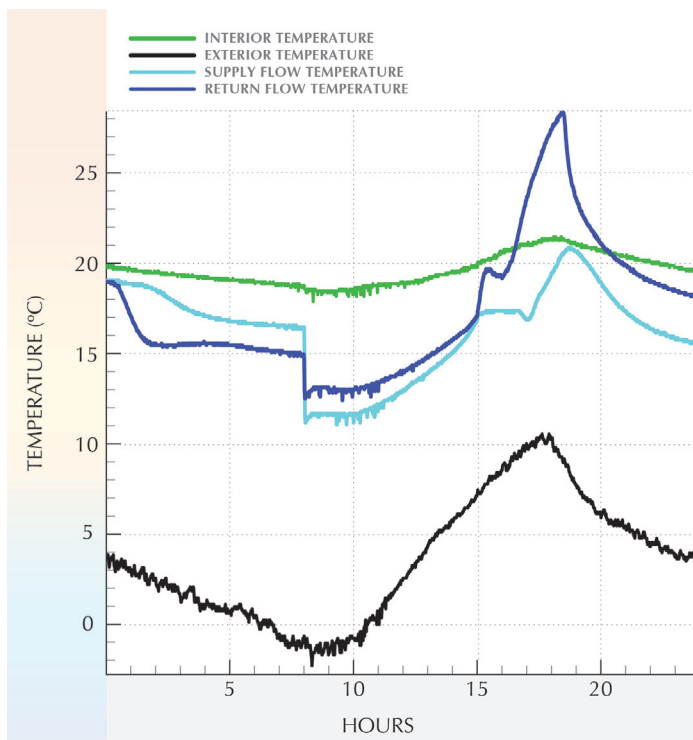


Fig. 6. Experimental temperatures on Friday 2013-11-29. Temperaturas tomadas el viernes 29 de noviembre de 2013.

no estaba en funcionamiento: el agua de la cámara se calentó por encima de los 45°C, y el calor fue transmitido al interior. El lunes 2013-07-08 los sistemas primario y secundario estaban en funcionamiento, y la temperatura del agua en circulación se mantuvo por debajo de los 35°C. La energía absorbida por el agua es el resultado de multiplicar el caudal que circula por todos los paneles de vidrio por el calor específico del agua y por la diferencia entre las temperaturas de impulsión y de retorno. Esta cantidad de energía es bloqueada por la lámina de agua, por lo que no se precisa dimensionar el sistema de climatización para paliar el sobrecalentamiento que produciría la entrada de la radiación solar. Por otra parte, el agua transporta el calor a un depósito de inercia donde se almacena. La gráfica de la figura 5 muestra la energía en kWh producida por el muro cortina durante el periodo transcurrido entre los días 3 y 10 de julio de 2013. Se observa que el sábado y el domingo no se produce energía, ya que el sistema está parado. También se compara la producción de energía con el gasto diario

10°C. However, the water's temperature at the outlet is higher than the temperature at the inlet. The difference in temperature is due to the absorption of the striking solar radiation and the internal thermal loads. The daily amount of energy production was 734,29 kWh, while the DHW energy consumption was 362,71 kWh.

Conclusions

The aim of regenerative design concept is to explore the idea of turning windows into energy producers. Some mature technologies like thin-film silicon might represent a short-term solution until other disruptive technologies can catch up and meet long-term goals. One of those disruptive technologies consists of double glass panes with circulating water through the chamber. The water absorbs the heat of direct solar radiation, to then store it in buffer tanks or re-direct it to other areas of the building with energy demand.

de agua caliente sanitaria de un edificio ocupado por 300 personas con uso de escuela con duchas.

En verano se produce más energía térmica de la que el edificio necesita, pero con una buena gestión, esta energía podría aprovecharse e impedir su pérdida.

Si se observa una gráfica de temperaturas de un día de invierno frío pero soleado, se concluye que también se produce suficiente energía como para proporcionar el agua caliente sanitaria necesaria para todo el edificio.

La figura 6 muestra la evolución de las temperaturas del día 29 de noviembre de 2013. Mientras que la temperatura exterior oscila entre una temperatura mínima de 1°C bajo cero y una temperatura máxima de 10°C, se aprecia una diferencia entre la temperatura de impulsión y de retorno del agua que circula por el muro cortina. Esta diferencia de temperaturas que se produce durante la tarde se debe a la radiación solar que incide sobre la fachada y a la captación de la carga térmica interior que de otra manera se perdería. La cantidad total de energía producida en la fachada durante este día fue de 734,29 kWh, mientras que la necesidad de energía de agua caliente sanitaria de un día tipo del mes de noviembre en este edificio fue de 362,71 kWh.

Conclusiones

En este artículo se ha realizado un recorrido por diferentes tecnologías que ofrece la industria del vidrio para aumentar la eficiencia energética de los edificios. Frente a soluciones que proporcionan reducción en las pérdidas, existen otro tipo de soluciones que consiguen que los edificios se conviertan en productores de energía. En el mercado actual conviven tecnologías ya maduras que producen electricidad, como las células fotovoltaicas de silicio, con otras tecnologías emergentes. En este artículo se muestran resultados reales de la aplicación de la tecnología de vidrios activos con cámara de agua en circulación. En los meses de verano el agua en circulación absorbe gran cantidad de la energía de la radiación solar, lo que reduce considerablemente el coste de la refrigeración del espacio. Además, esa energía en forma de agua caliente puede almacenarse en depósitos y ser utilizada en zonas deficitarias del edificio. En los días de invierno en los que el sol incide sobre la fachada se capta suficiente energía como para proporcionar mayor cantidad de agua caliente sanitaria de la que se necesita. Las ventanas generadoras de energía serán uno de los elementos claves en el diseño de futuros edificios regenerativos.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

- [1] Hermanns M., del Ama F., Hernández J.A. Analytical solution to the one-dimensional non-uniform absorption of solar radiation in uncoated and coated single glass panes. *Energy and Buildings*, Volume 47, April 2012, Pages 561–571
- [2] Fang Y., Eames P.C., Norton B. Effect of glass thickness on the thermal performance of evacuated glazing. *Solar Energy* 81 (2007) 395–404.
- [3] Ismail K.A.R., Salinas C. Non-gray radiative convective conductive modeling of a double glass window with a cavity filled with a mixture of absorbing gases. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 49 (2006) 2972–2983.
- [4] Baetens R, Jelle BP, Gustavsen A. Properties, requirements and possibilities of smart windows for dynamic daylight and solar energy control in buildings: a state-of-the-art review. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 2010; 94: 87–105.
- [5] Chow T, Li C, Lin Z. The function of solar absorbing window as water-heating device. *Building and Environment* 46 (2011) 955–960.
- [6] Chow T, Li C, Lin Z. Innovative solar windows for cooling-demand climate. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 94 (2010) 212–220.

Real data from buildings using this technology have been shown in this article. The system proposed does not impose any constraint on the water chilling system to be used, thus reduce the HVAC costs. Neither does it impose any restriction in the architectural design of the building but, conversely, it adds new possibilities to the use of natural lighting. The energy-generating windows could become a mainstay of a greener future in the coming decades.

Distrito del Futuro - DoF, framework abierto para la optimización de la generación y consumo de energía en las ciudades

District of Future - DoF, open framework for the generation and optimization of energy consumption in city environments

Miguel Fontela¹, Rubén Cánovas²

RESUMEN

District of Future (DoF) es un proyecto financiado por la Dirección General de Investigación e Innovación de la Comisión Europea (CE) a través del 7º Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico (FP7). El proyecto propone poner en práctica un entorno abierto para la optimización de la generación y consumo de energía en las ciudades. Además, está alineado con los objetivos principales del Programa Horizonte 2020 de la CE, y sus líneas estratégicas en investigación e innovación: hacer de Europa un lugar mejor para vivir y trabajar, mejorando la competitividad, el crecimiento y la creación de empleo de acuerdo con los principales retos actuales y futuros de la sociedad.

El proyecto

Las ciudades se están convirtiendo en los centros de actividad empresarial y núcleos socio-económicos de los países europeos. En este contexto, es necesario adaptarse a una nueva era en la que mejorar la organización y optimizar el uso de los recursos se hace absolutamente imprescindible. Por este motivo, esta es una línea estratégica clave para la CE dentro de los objetivos del Horizonte 2020.

DoF propone la creación y validación de un entorno abierto que facilite la optimización de la gestión energética, definiendo el marco necesario para hacer posible la integración de todo el conjunto de elementos que intervienen a los distintos niveles en el contexto de un distrito o un barrio de la ciudad.

Uno de los retos del proyecto es integrar la gestión de las distintas fuentes de generación y consumo de energía de todo un barrio. Con este fin, se utilizarán soluciones TIC avanzadas para integrar y modelar el seguimiento y control de las redes de electricidad convencional, por un lado, y explorar la eficiencia energética de los edificios y la infraestructura de la ciudad utilizando energías renovables y sistemas de calefacción y refrigeración eficientes, por el otro.

El equipo

El grupo de trabajo está formado por 11 socios europeos trabajando juntos, desde España, Reino Unido, Francia y Finlandia, tanto del sector privado como público. Los socios del consorcio son Telefónica, everis, IDP, Exeleria, Edenway, VTT, Fortum, Dalkia y las ciudades.

Las ciudades

El equipo se completa con las ciudades de Sabadell (Barcelona), Corby (Northamptonshire) y Orleans (Francia) con un papel protagonista en los resultados del proyecto.

- Sabadell es una ciudad al sur de Europa, cerca de Barcelona. Sabadell situándose sólo a 25 km de Barcelona tiene una población de 207.649 habitantes (2013), densidad 5.400 hab./km².

- La ciudad de Orleans se encuentra en la región Central, a una hora de París en tren. Orleans es una capital regional y un área urbana que incluye más de 400.000 personas.

- Corby es un municipio situado en el condado de Northamptonshire. La ciudad de Corby se sitúa a 37 km al noreste de la capital del condado, Northampton. La ciudad tenía una población de 61.300 en el censo de 2011.

El objetivo más ambicioso del proyecto es conseguir una mejora en la eficiencia energética en torno al 30-40%

Palabras clave: FP7, Renewables, Energy Efficiency, Monitoring, Greenhouse gas reduction

(1) Exeleria, Madrid (2) Everis, Barcelona.
E: mfontela@exeleria.com

Introducción

Considerando que el principal objetivo del proyecto es lograr unos ahorros energéticos del 30-40% con la implementación del Proyecto DoF, la medida de los ahorros energéticos resulta clave.

Por este motivo dentro de las tareas del proyecto hemos incluido un paquete de trabajo dedicado a este punto. Este paquete de trabajo esta liderado por exeleria, una compañía con amplia experiencia en proyectos ESCO donde la medida de los ahorros energéticos es un aspecto clave ya que los ingresos de la empresa están directamente ligados a los ahorros energéticos obtenidos con la implantación de las medidas de ahorro por parte de la ESCO.

En este documento se describen las metodologías empleadas en el proyecto para la medida y verificación de los ahorros energéticos.

Estado del arte de la Medida y Verificación de ahorros

Protocolo de Medida y Verificación de Ahorros (IPMVP)

El IPMVP es un documento de orientación que proporciona un marco conceptual para medir, calcular y reportar los ahorros alcanzados en proyectos de mejora energética. El IPMVP se ha desarrollado a través de un esfuerzo de colaboración entre industria, gobierno, sector financiero, y otras organizaciones.

El IPMVP se basa en la comparación entre el escenario de referencia y la situación después de la implantación de una o varias medidas de mejora energética.

Tomando como referencia este concepto de definir el escenario de referencia o línea base (comportamiento energético de la instalación previo a la implantación de las medidas de ahorro) y medir el ahorro como diferencia entre el consumo real (post implantación de las medidas de ahorro) y la línea base ajustada (consumo que hubiera existido si no se hubieran modificado las instalaciones), el IPMVP define cuatro opciones o métodos basados en la frontera de medición:

- Opción A: Análisis parcial aislando la medida de ahorro evaluada con medición del parámetro clave en el ahorro de energía.

Coste muy bajo de la M&V de ahorros

Se utiliza en la medida de ahorros cuando en las que sólo se modifica alguno de los parámetros clave como la potencia o las horas de uso. Muy utilizada par la medida de ahorros en la sustitución de equipos de iluminación

- Opción B: Análisis aislando la medida de ahorro energético.

Medimos todos los parámetros necesarios para el cálculo del ahorro energético pero sólo para el equipo o sistema a analizar.

Se utiliza cuando es sencillo medir de forma aislada el consumo del equipo y/o sistema sobre el que vamos a actuar, como por ejemplo en la sustitución de equipos de producción de energía para climatización (enfriadoras, calderas, etc)

- Opción C: Análisis de toda la instalación

Introduction

Whereas the main aim of the project is to achieve a 30-40% energy savings with the implementation of the DoF ICT platform, the measurement of the energy savings is a key point.

This is the reason for including a specific work package related to this topic in the project tasks. This work package is led by exeleria, a company with large experience in ESCO projects where the measurement of energy savings is a key point as the project incomes are directly linked to the energy saving achieved by the energy conservation measures implemented by the ESCO Company.

In this paper a detailed description of the methodologies for energy saving measurement used within the project will be shown.

Energy Savings Measure and Verification State of the art

Energy Savings Measurement protocol (IPMVP)

The IPMVP is a guidance document that provides a conceptual approach to measure, calculate and report the savings achieved in energy improvement frameworks. The IPMVP was developed by means of a collaborative effort between industry, governmental institutions, financial sector, and other organizations.

The IPMVP is based on the comparison between the baseline and the situation after the implementation of one or more energy improvement measures.

IPMVP defines four energy savings measurement options based on the boundaries of measurement:

- Option A - Partially Measured Retrofit Isolations:

This methodology has a very low cost and is used when the ECM only changes some easy-to-measure parameters as in, for example, lighting retrofit.

In this case, the power of the fixtures is only changed if operating hours and other external parameters that influence savings are not altered.

- Option B – Retrofit Isolation

Savings are determined by field measurement of the energy use of the systems to which the ECM is applied, separate from the energy use of the rest of the facility.

This methodology requires measuring the pre and post retrofit energy consumption and is used when it is possible to isolate the ECM energy consumption. An example of this can be seen in energy production equipment retrofit where no induced effects with other systems are expected.

- Option C – Whole Facility

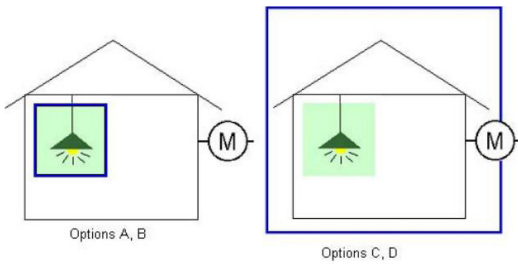
Savings are determined by measuring energy use at the whole facility level. Short-term or continuous measurements are taken throughout the post-retrofit period.

It is commonly used for both poor metering infrastructures and ECM's implementation with induced effects.

- Option D – Calibrated Simulation

Savings are determined through simulation of the energy use of components of the whole facility.

This option usually requires considerable skill in calibrated simulation.



En este caso la frontera de medición se amplia a toda la instalación

Es habitual su utilización cuando se implantan diferentes medidas de ahorro que, además, presentan interacciones entre ellas (por ejemplo la instalación de protecciones solares aumenta el consumo de calefacción y disminuye el de refrigeración)

- Opción D: Simulación calibrada

Esta opción se basa en la utilización de un SW de simulación energética para definir el comportamiento (línea base) de la instalación

Se utiliza cuando no tenemos los datos reales necesarios para la definición del escenario de referencia como en el caso de un edificio de nueva construcción o uno existente en el que no tenemos medidas de consumos y variables relevantes

Gráficamente estas opciones se pueden ilustrar del siguiente modo:

Guías de M&V FEMP (Federal Energy Management Program)

Las directrices para M&V del FEMP contienen procedimientos específicos para la aplicación de conceptos descritos en el IPMVP. Es decir, representan una aplicación específica de la IPMVP para proyectos con la administración. Por ello las guías M&V del FEMP se ha definido completamente compatible y coherente con el IPMVP.

En las directrices para M&V del FEMP se esbozan los procedimientos para la determinación de las bases para la distribución y el pago de los ahorros energéticos a lo largo del período del contrato.

El FEMP identifica dos factores que afectan al ahorro de energía: el rendimiento y el uso. El rendimiento describe cuánta energía se utiliza para desarrollar una tarea específica. El uso describe qué cantidad de la tarea se necesita, por ejemplo, las horas de funcionamiento de un equipo.

Los ahorros energéticos se definirán en base a estos dos factores, los de rendimiento y de uso.

Se considera que el ahorro energético es la diferencia entre ambos rectángulos (área sombreada) considerando las variaciones en el rendimiento y el uso.

Guía 14-2002 de ASHRAE

La American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) está considerada como una de las asociaciones de profesionales más prestigiosas del mundo (www.ashrae.org).

Esta guía proporciona detalles complementarios al IPMVP, aportando detalles técnicos sobre muchos de los conceptos del IPMVP.

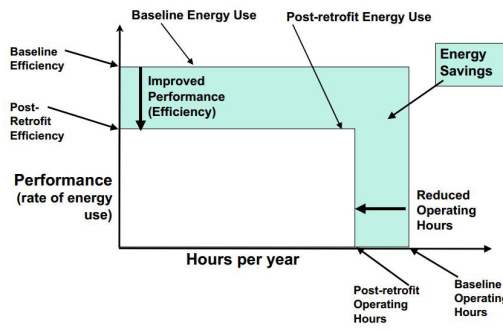


Fig. 1. Contorno de las opciones del IPMVP - IPMVP

Boundaries of IPMVP options - IPMVP

Fig. 2. Factores que influyen en el ahorro energético- FEMP Guidelines

Boundaries of IPMVP options - FEMP Guidelines

It is used for multifaceted energy management programs affecting many systems in a building but where no yearly energy data are available.

The figure below shows the concepts aforementioned:

FEMP (Federal Energy Management Program) M&V Guidelines

FEMP guidelines for energy savings measurement contain specific procedures for applying concepts described in the IPMVP. e.g. It represents a specific application of the IPMVP for projects with federal administration. Therefore FEMP guides are fully compatible and consistent with the IPMVP.

In this guide the basis for the distribution and payment of energy savings over the contract period are set.

FEMP identifies two factors that affect energy savings: performance and usage. Performance describes how much energy is used to perform a specific task. Usage describes the task's duration, for example, the operating hours of a computer.

Therefore "energy savings" is the difference between the two rectangles (shaded area) considering variations in performance and usage.

Guideline 14-2002 de ASHRAE

The American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) is considered one of the leading professional associations worldwide (www.ashrae.org).

This guide provides additional details to IPMVP, providing technical details about many of the concepts of the IPMVP.

It provides guidelines on the implementation to use and manage available data. It also describes methods to analyse the uncertainty associated with the developed models and measurements.

This guide focuses on these calculations without analysing other aspects of an energy service contract.

Energy consumption forecasting (Energy baselines)

Introduction to energy baselines

The energy consumption forecasting is the basis of any accurate M&V plan as is needed to compare the actual energy consumption of the building with the consumption if no savings actions had been introduced.

An energy baseline establishes a level of energy consumption before an opportunity is implemented.



Establece directrices sobre la instrumentación a utilizar así como la gestión de los datos disponibles. También describe metodologías para analizar y contabilizar la incertidumbre asociada a los modelos y mediciones desarrollados.

Esta guía se centra en estos cálculos sin analizar otros aspectos de un contrato de servicios energéticos.

Predicción del consumo energético (líneas base de energía)

Introducción a las líneas base de energía

La predicción del consumo de energía es la base de un plan de Medida y Verificación de ahorros ya que es necesario comparar el consumo actual de energía del edificio con el consumo que tendría si no se hubieran implementado las acciones de ahorro de energía.

Una línea base establece el nivel de consumo de energía antes de que una oportunidad de ahorro sea implementada.

Esta sección explica:

- Porque es necesario establecer el nivel base de consumo de energía antes de que una medida de ahorro y eficacia energética sea implantada
- Como establecer la línea base energética
- Como usar la línea base energética para medir los ahorros energéticos
- Como incorporar factores que afectan al consumo energético actual y futuro en las líneas base de consumo

Las líneas base de consumo de energía se definen en la norma ISO 50001 como "referencias cuantitativas que proporcionan una base para la comparación de los resultados aplicados a un período de tiempo específico y proporcionan una referencia para la comparación antes y después de la implementación de mejoras energéticas".

Existen cuatro métodos para establecer una línea base energética:

- Consumo Total de energía
- Análisis de regresión (es el método más comúnmente utilizado)
- Modelización y simulación
- Medición directa

A continuación se muestra una breve descripción de cada metodología:

Establecer una línea base de energía usando el consumo energético total

Esta metodología es la más fácil y de menor esfuerzo para definir una línea de base de energía. Consta en

This section explains:

- why it is necessary to establish the level of energy consumption before an energy efficiency opportunity is implemented at a site.
- how to establish an energy baseline.
- how to use an opportunity baseline to estimate and measure energy savings.
- how to incorporate factors affecting current and future energy use into reliable baselines.

Energy baselines are defined in ISO 50001 as "quantitative references providing a basis for comparison of performance that apply to a specific time period and provide a reference for comparison before and after the implementation of energy improvements".

There are four main methods for establishing an energy baseline:

- Absolute energy use
- Regression analysis (most commonly used method)
- Modelling/simulation
- Short-term metering

Shown below is a brief explanation of each methodology:

Establishing an energy baseline using absolute energy use

This is the easiest and effortless methodology in order to define an energy baseline. It consist in the assumption that the energy behaviour of the system (a whole building or a part of them) is not affected for both external and internal variables or that this variables are no going to change in all the project lifetime.

Establishing an energy baseline using regression analysis

Standard (single variable) regression analysis:

Standard (single variable) regression analysis involves determining the relationship between a dependent variable and an independent variable. For establishing an energy baseline:

- The dependent variable is energy consumption
- Independent variables (i.e. those variables that affect energy consumption) include production rate, occupancy and ambient conditions)
- All data must be coherent (i.e. data must be collected over the same time period and data frequency).

The data is then analysed to develop an equation, often linear in the first instance, which describes the relationship (or 'regression line') between the dependent and independent variable.

la asunción de que el comportamiento energético del sistema (todo un edificio o una parte de él) no se ve afectado por ninguna variable, tanto externas como internas y en que estas variables no van a cambiar en toda la vida del proyecto.

Establecer una línea base de energía usando análisis de regresión

Análisis de regresión de una sola variable:

El análisis de regresión de una sola variable implica determinar la relación entre una variable dependiente y una variable independiente. En este tipo de líneas base se debe considerar:

- La variable dependiente es el consumo de energía
- Las variables independientes (es decir las variables que afectan al consumo de energía) como la tasa de producción, la ocupación y las condiciones ambientales.
- Todos los datos deben ser coherentes (es decir, los datos de todas las variables deben ser recogidos en el mismo período temporal y con la misma frecuencia)

A continuación se analizan los datos para desarrollar una ecuación, a menudo lineal en primera instancia, que describe la relación (o "línea de regresión") entre la variable dependiente e independiente.

Análisis de regresión multivariable:

Cuando el análisis de regresión estándar no representa bien el consumo de energía de la instalación, se debe llevar a cabo un análisis de regresión multivariable.

Los pasos para establecer una línea base de energía mediante un análisis de regresión multivariable son:

1. Determinar un periodo de tiempo para el análisis que cubra un ciclo completo de uso de la energía (por ejemplo una semana o un año).
2. Recopilar los datos de consumo de energía (variable dependiente) y una serie de variables que podrían ser variables independientes.
3. Realizar el análisis de regresión multivariable usando Microsoft Excel®, u otra herramienta estadística para determinar el grado de relación entre las variables.
4. Analizar los resultados determinando el grado de significancia estadística del análisis.
5. Si es necesario añadir o eliminar variables del análisis o ampliar el rango temporal para mejorar la significancia estadística del modelo.
6. Analizar el nivel de precisión del análisis realizado y repetir la regresión si la precisión obtenido no es suficiente (típicamente un coeficiente R2 mayor de 0,75).

Los datos recopilados y el análisis de regresión pueden introducir errores. Estos errores deben ser estimados mediante el uso de herramientas estadísticas.

Nota: R2, coeficiente de determinación, indica como de bien se ajustan los datos al modelo estadístico. Es un estadístico usado en el contexto de modelos estadísticos cuyo principal propósito es la predicción o evaluación de hipótesis.

Establecimiento de una línea base de consumo energético mediante el uso de modelado y simulación

Para desarrollar una línea base de energía usando el modelado es necesario realizar tres pasos

Multi variable regression analysis:

When standard regression analysis does not represent the process well, a multi-variable regression analysis should be conducted.

The steps involved in a multi-variable regression analysis to establish an energy baseline are to:

1. Nominate a time period for the analysis that covers one complete energy-use cycle (e.g. one week or one year)
2. Gather data for the energy consumption (dependent variable) and a range of variables that could possibly be independent variables
3. Perform a regression analysis using statistical tool, to determine the relationships between the variables
4. Analyse the results to determine the significance of the relationships described
5. If necessary, add or remove variables from the analysis or gather more data to improve the significance of the relationships
6. Analyse the accuracy of the analysis performed and repeat the regression if accuracy does not meet the requirements (typically a R2 coefficient bigger than 0,75).

The data gathered and the regression analysis results can both introduce errors. These errors can be estimated using statistical techniques.

Note: R2, the coefficient of determination, indicates how well data points fit a statistical model. It is a statistic used in the context of statistical models whose main purpose is either the prediction of future outcomes or the testing of hypotheses, on the basis of other related information.

Establishing an energy baseline using modeling or simulation

Establishing an energy baseline using modeling involves three key steps:

1. Develop the model or use a software based specific tool
2. Enter current input data—these may include variables such as production rate, recipe mix, ambient temperature, occupancy rate or time schedules
3. Run the model—the output energy consumption is the current baseline energy.

Results of any calculation will only be as accurate as the inputs to the calculation. To ensure accuracy, the model should be routinely updated to include building modifications or operational changes.



fundamentales:

1. Desarrollar el modelo o utilizar herramientas informáticas específicas.
2. Introducir los datos de entrada de la situación actual – Estos pueden incluir variables como tasas de producción, temperatura ambiente, ocupación o horarios de uso.
3. Correr el modelo – la salida de consumo de energía será la línea base de la situación actual

Los resultados de cualquier cálculo tendrán la precisión que tengan los datos de entrada utilizados. Para asegurar la precisión, el modelo debe ser actualizado a menudo para incluir modificaciones del edificio o cambios operativos.

Cada componente importante en un sistema puede ser modelado y el uso de energía del sistema resultante calculado para establecer una línea base de energía. Los sistemas simples o conocidos pueden ser modelados utilizando cálculos de ingeniería. Los sistemas más complejos pueden requerir software específico y costoso, y puede ser necesario contratar a un experto en análisis y simulación energética.

Nota: La medición a través de la modelización es un método técnico complejo para determinar el ahorro de energía. Debe asegurarse la rentabilidad de contratar a expertos de simulación energética antes de realizar este tipo de análisis de simulación.

Establecimiento de líneas base de energía utilizando monitorización

- Monitorización de corta duración:

Para los sistemas que tienen un patrón constante y fácil de establecer y no presentan estacionalidad en el uso de la energía, la medición a corto plazo (a menudo incluyendo sub-medición) puede ser suficiente para determinar cómo se usa la energía.

- Monitorización de larga duración:

Cuando el sistema sobre el que se va a realizar una línea base es muy dependiente de las variables operacionales y climáticas, por ejemplo los consumos de climatización, es necesaria una monitorización a largo plazo.

Each major component in a system can be modelled and the resultant system energy use calculated to establish a baseline. Simple or well-known systems may be modelled using engineering calculations. More complex systems may require specific and expensive utility system analysis software, and it may be necessary to engage an energy analysis expert.

Note: Measurement via modelling is a technical and complex method for determining energy savings. It may prove cost effective to engage energy simulation experts for this type of simulation analysis.

Establishing an energy baseline using metering

- Short term metering:

For systems that have a constant or easily established pattern and not seasonal energy use, short-term metering (often including sub-metering) can be sufficient to determine how energy is used.

- Long term metering:

When the system to be baselined is hardly dependant on both operational and climatic variables, i.e. HVAC consumptions, a long term metering is needed.

The metering period will depend on both, the accuracy required and the time necessary to have a wide enough data range for the climatic variables (usually more than a year).

Most of the buildings within the DoF project will use the regression analysis methodology used to define the energy global baseline. Other buildings zones or systems baselines will be designed using short term metering methodologies, finally, systems or operational strategies not included within the buildings or different typologies of constructions and uses not included within the uses cases would use a modelling/ simulating energy baseline

Using an energy baseline

The forecast energy baseline becomes the reference point from which an opportunity's savings are estimated and measured and is, in fact, an energy behaviour model for the building.

The following table shows the different type of data required to establish an accurate energy baseline:

Tipo de dato		Frecuencia de muestreo			Categoría		Observaciones
Descripción	Unidades típicas	Mínimo	Bueno	Escelente	Necesario	útil	
Consumo de energía	kWh	Mensualmente	Horario	Quartohorario	X		
Producción de energía	kWh	Mensualmente	Horario	Quartohorario	X		Para sistemas de generación
Temperatura seca	°C	Mensualmente	Diario	Horario	X		
Datos de la planta de Biomasa	kWh	Mensualmente	Diario	Horario	X		
Temperatura húmeda	°C	Mensualmente	Diario	Horario		X	Necesario solo si existen siste condensación por aguaza
Humedad relativa	%	Mensualmente	Diario	Horario		X	
Radiación directa en sup. Hor.	W/m2	Mensualmente	Diario	Horario		X	Necesario para sistemas PV
Radiación difusa en sup. Hor.	W/m2	Mensualmente	Diario	Horario		X	Necesario para sistemas PV
Dirección del viento		Mensualmente	Diario	Horario		X	
Velocidad del viento	m/s	Mensualmente	Diario	Horario		X	
Ocupación	pxa	Mensualmente	Diario	Diario		X	Necesario si grandes cambios son esperables
Horarios	Horas de uso	Mensualmente	Diario	Diario		X	Necesario si grandes cambios son esperables

El período de medición dependerá tanto de la precisión requerida como del tiempo necesario para tener un rango de datos lo suficientemente amplio para cubrir las variaciones de variables climáticas (por lo general más de un año).

La mayoría de los edificios dentro del proyecto DOF utilizarán la metodología de análisis de regresión para definir la línea base global de energía. Otras líneas base de energía de zonas de edificios y sistemas serán diseñadas utilizando metodologías de medición a corto plazo, por último, los sistemas o estrategias operativas no incluidos en los edificios del proyecto o diferentes tipologías de construcciones y usos no incluidos usarán una modelización/simulación de la línea de base de energía

Como usar una línea base de energía

La predicción del consumo de energía mediante líneas base es el punto de referencia a partir del cual se calculan y miden los ahorros generados por una medida de ahorro de energía y es, de hecho, un modelo de comportamiento energético del edificio.

La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de datos necesarios para establecer una línea base de energía precisa:

La frecuencia de recogida de datos debe ser la misma para todas las variables incluidas en el análisis y, para que se puedan considerar los efectos estacionales, deben cubrir al menos un año aunque es deseable disponer de datos de dos o más años.

Descripción de los casos de uso

Corby se encuentra en el centro del Reino Unido y en la parte de más rápido crecimiento fuera de Londres. Su población de más de 61.000 se duplicará a más de 100.000 en el 2030. Se monitoreará el consumo de energía y la generación a nivel de barrio con un enfoque específico en las nuevas casas de energía eficiente, escuelas y locales industriales:

- 10 Homes
 - 8 Zero Energy Bill Homes (ZEB)
 - 2 casas de control estándar sin las características de eficiencia energética ZEB para proporcionar una línea de base para el monitoreo
 - 2 tipos de casas ZEB para poner a prueba su capacidad para lograr una "factura de energía de coste cero". 4 casas tienen calderas de gas tradicionales y 4 son todo eléctrico. Los dos tienen :
 - Paneles fotovoltaicos y solares PVT
 - Control automatizado de la energía
 - Mejoras en la estructura del edificio
- Edificio de negocios - 7800 m2 de almacén con techo solar fotovoltaico
- 2 escuelas , una con biomasa caldera de calefacción y ambos con energía solar fotovoltaica
- Corby Football Club PV solar

La ciudad de Orleans se encuentra en el centro de la región. Orleans es una capital regional, en el centro de la aglomeración Orleans Val de Loire con una zona urbana que incluye a más de 400.000 personas.



The sampling period must be the same for all the variables included in the regression analysis and, in order to consider the seasonal effects, must be at least one year but desirable are two or more years.

Uses cases description

Corby, Northamptonshire is in the centre of the UK and in the fastest growing part of the UK outside London. Its population of over 61,000 will double to over 100,000 by 2030. It will be monitored energy-consumption and generation at a district level with a specific focus on new energy efficient homes, schools and industrial premises:

- 10 Homes
 - 8 Zero Energy Bill Homes (ZEB)
 - 2 standard control homes without the ZEB energy efficiency features to provide a baseline for monitoring
 - 2 types of ZEB homes to test their ability to achieve a "zero cost energy bill". 4 homes have traditional gas boilers and 4 are all electric. They both have:
 - Water to water air source
 - Solar PV and PVT panels
 - Home energy automation control
 - Building fabric upgrades
- Business Building – 7,800 m2 warehouse with roof solar PV
- 2 Schools, one with biomass boiler heating and both with solar PV
- Corby Football Club solar PV

The city of Orleans is located in the region Centre. Orleans is a regional capital, in the centre of the Agglomeration Orleans Val de Loire with an urban area including more than 400,000 people.

Orleans use case focuses on full energy-consumption monitoring at a district level, including social housing and municipal buildings. The project will focus on 3 sources of

El caso de uso de Orleans se centra en el monitoreo de consumo de energía total a nivel de barrio, incluida la vivienda social y de los edificios municipales. El proyecto se centrará en 3 fuentes de generación de energía en forma de:

- Planta de cogeneración de biomasa de 25 MW
- Escuela pública, con 200 m² solar fotovoltaica
- Biblioteca Pública, con 2 bombas de calor (calefacción y refrigeración)

Y 3 fuentes de consumo de energía:

- Un edificio de 35 años renovado en 2012 usado como guardería, conectado a la planta de biomasa.
- Biblioteca Pública. También será objeto de seguimiento como una fuente de producción de energía.
- La vivienda social: se han renovado 1500 viviendas. 1 de ellas, situada en un edificio conectado a la red de calefacción. En el mismo distrito también se estudiará una casa pasiva. El consumo de energía que se espera es de 15 kWh/m²/año (HVAC).

Sabadell es una ciudad situada en Cataluña, de 207.773 habitantes, la co-capital de la Comarca Vallès Occidental.

El caso de uso de Sabadell abordará tres instalaciones, donde se controlará el consumo de energía y la producción. Además, los datos históricos existentes estarán disponibles para permitir un mejor modelado y mejores resultados del proyecto. El piloto dispone de un edificio de viviendas sociales de las que 31 serán monitoreados y cuyo edificio se apoya con un sistema geotérmico y dos instalaciones municipales:

- Can Marcet
- Can Llong

"Can Marcet", un edificio de oficinas que también es la sede de la Policía Local y la central de recolección neumática de "Can Llong".

"Can Marcet" incluye diferentes fuentes de energía, como la energía geotérmica y en "Can Llong" se pueden encontrar diferentes placas fotovoltaicas en la fachada. Los tres edificios combinados mostrarán diferentes fuentes de energía renovables y las diferentes intensidades de consumo y usos.

energy generation as:

- 25 MW full service cogeneration biomass plant
- Public school, with 200 m² solar PV
- Public library, with 2 heat pumps (heating and cooling)

And 3 sources of energy consumption:

- A 35 years old building renovated in 2012 day nursery, connected to the biomass plant
- Public Library. It will also be monitored as a source of energy production
- Social housing: 1500 housing have been renewed. 1 of them, located in a building connected to the heating network. In the same district a passive house will also be studied. Its expected energy consumption is 15 kWh/m²/year (HVAC)

Sabadell is a City located in Catalonia of 207.773 inhabitants, co-capital of the Vallès Occidental Region.

Sabadell use case will tackle three facilities, where energy consumption and production will be monitored. Also the existing historical data will be available to allow a better modelling and project results. The pilot includes a social housing building where 31 dwellings will be monitored and whose building is supported with geothermal system and two municipal facilities:

- Can Marcet
- Can Llong

"Can Marcet", an offices building which also headquarters the Local Police and the Pneumatic Waste Collection Central of "Can Llong".

"Can Marcet" includes different sources of energy such as geothermal and in "Can Llong" different photovoltaic plaques can be found in the façade. The three buildings combined will show different renewable energy sources and different consumption intensities and uses.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP) - EVO

Measurement and Verification for Federal Energy Projects Version 3.0 - FEMP

Energy Savings Measurement Guide - The Department of Resources, Energy and Tourism (Australia)

RE- Reconversión urbana y reutilización material en los antiguos astilleros de El Natahoyo en Gijón, Asturias

RE- Materials reuse and regional transformation scheme in former shipyards in El Natahoyo in Gijón, Asturias

Elisa de los Reyes García López¹

RESUMEN

RE- es un proyecto de investigación y propuesta que, utilizando los mecanismos del urbanismo y la arquitectura, propone un modelo integral para una sociedad de mínimo consumo material y energético que mejore la calidad de vida de sus habitantes, aplicada a una localización concreta: los antiguos astilleros de El Natahoyo en Gijón (Asturias). La investigación parte de una situación socioeconómica de reconversión industrial como oportunidad para producir un cambio de modelo completo. Se trata de aprovechar este contexto para reformular desde los modos de producción actuales (y las tipologías arquitectónicas que implican) hasta las metodologías de actuación sobre el territorio y las infraestructuras industriales. Se presta especial atención a la reinención de modos de construcción y estructuras, con vocación de generar un sistema de minimización de consumo y recursos asociado a la industria de la reutilización. El proyecto se desarrolla en torno a varios conceptos:

- 1) Re-convertir: La propuesta investiga en el concepto de conversión para mejorar y minimizar la energía desechada en el modo en el que construimos, producimos, consumimos, trabajamos, nos reunimos y vivimos.
- 2) Re-utilizar: Debido al proceso de desmantelamiento que se desarrolla en el área, gran número de infraestructuras industriales y construcciones quedan sin uso y una gran cantidad de materiales son desechados. El proyecto se centra en el desecho de la construcción y otros excedentes industriales encontrados en la zona para diseñar un catálogo de sistemas constructivos de mínima energía. Estas soluciones son aplicadas para transformar los actuales pabellones industriales y las infraestructuras del área.
- 3) Re-cualificar: El planeamiento urbano es reformulado para mejorar las cualidades del territorio, atendiendo a sus condiciones naturales y estableciendo un tejido urbano complejo donde personas y naturaleza coexisten. Se diseñan infraestructuras eficientes relativas a la movilidad, el agua, la energía y los residuos.
- 4) Re-generar: Se generan paisajes de gran potencia a través de la transformación de las infraestructuras industriales existentes, que incluyen usos programáticos inéditos a través de la integración de flora y fauna autóctona (piscinas naturales en antiguos diques secos; grúas mirador productoras de energía...)
- 5) Re-programar: Se propone un modelo socioeconómico alternativo a través de la relocalización de los espacios de producción y venta: un mercado donde los vegetales son producidos in-situ; un área comercial de objetos y materiales reutilizados; espacios públicos flexibles.
- 6) Re-habitar: Se proponen tres tipos de comunidades, atendiendo a diferentes condiciones de trabajo y modos de vida. En la Comunidad Multigeneracional, los espacios se diseñan para promover la conciliación entre la vida familiar y profesional: se relacionan viviendas, espacios de trabajo y espacios para niños y ancianos. En la Comunidad de Artesanos, las viviendas se ligan a espacios de taller que están conectados a espacios de venta. En la comunidad de Trabajo en Casa, las viviendas incluyen espacios de trabajo y usos compartidos entre viviendas. Todas las comunidades disponen de espacios de cultivo propios.
- 7) Re-diseñar: Se diseñan detalles constructivos completos que combinan los diferentes elementos del catálogo constructivo

Palabras clave: Regeneración Urbana, Reutilización, Autoabastecimiento, Tipologías Constructivas, Recursos

(1) C/Cristo, 13, 4ª izda 48007 – Bilbao - Bizkaia. E: elisadelosreyesgarcia@gmail.com

realizado en relación a las necesidades constructivas y espaciales de las construcciones propuestas.

8) Re-abastecer: Se alcanza un mínimo consumo energético, confort higrotérmico y autoabastecimiento de agua a través del uso de diferentes dispositivos que se integran en la edificación. Un sistema completo de almacenamiento y depuración de agua; patios de ventilación y tratamiento de agua; muros de agua para la acumulación de calor.

9) Re-ensamblar: La reutilización de elementos estructurales en la construcción edificatoria abre paso a nuevas posibilidades de diseño que implican comportamientos y estudios estructurales adaptados.

Introducción

RE- es un proyecto de investigación y propuesta que, utilizando los mecanismos del urbanismo y la arquitectura, propone un modelo integral para una sociedad de mínimo consumo material y energético que mejore la calidad de vida de sus habitantes, aplicada a una localización concreta: los antiguos astilleros de El Natahoyo en Gijón (Asturias).

La investigación parte en 2007 a partir de la situación del área central de Asturias, en una condición socioeconómica de reconversión industrial que se concibe como oportunidad para producir un cambio de modelo completo. Se trata de aprovechar este contexto para reformular desde los modos de producción actuales (y las tipologías arquitectónicas que implican) hasta las metodologías de actuación sobre el territorio y las infraestructuras industriales. Se presta especial atención a la reinención de modos de construcción y estructuras, con vocación de generar un sistema de minimización de consumo y recursos asociado a la industria de la reutilización.

1) Re-convertir. La propuesta investiga en el concepto de conversión para mejorar y minimizar la energía desechada en el modo en el que construimos, producimos, consumimos, trabajamos, nos reunimos y vivimos.

Dentro de los posibles solares de intervención, antiguas áreas de producción industrial, hemos elegido la de El Natahoyo, en Gijón, donde actualmente se ubican los astilleros Naval Gijón y Juliana y "El tallerón" de Duro Felguera, dedicado a la calderería pesada. En el momento de finalización del proyecto (2010) se barajaba la posibilidad del cierre de todos los astilleros, o, en todo caso, el traslado de todas las industrias a la ampliación del Puerto de El Musel, infraestructura de gran escala aún en construcción.

En relación al borde litoral de la ciudad, de la que el solar es parte importante, nuestro proyecto recuperaría un área de 30 Ha y una longitud de costa de 1500m, hasta ahora inaccesible para el disfrute ciudadano. La intervención plantearía una alternativa de un carácter muy diferente a los bordes existentes actuales: el paseo de "el muro", frente a la playa de San Lorenzo, donde torres de entre 10 y 20 plantas (hijas del desarrollismo de los años 60) muestran la voluntad de acogida de turismo y un crecimiento en densidad muy característico; y la península de Cimavilla, colina de ubicación del primer asentamiento romano de la ciudad, que actualmente constituye el casco histórico, con viviendas tradicionales de baja densidad y gran importancia del turismo y la restauración.

Frente a ellas, RE- plantea la reformulación de la relación entre ciudad, naturaleza y borde marítimo y el aprovechamiento de las infraestructuras existentes para la generación de espacios públicos inéditos que equilibren la relación de las personas con su medio.

2) Re-utilizar (Fig. 1) El proyecto plantea obtener la mayor parte de los materiales para su construcción en un radio máximo de 50Km de distancia. Se analizan por tanto los principales yacimientos de materiales: instalaciones industriales en decadencia en el área central de Asturias. Para la realización del proyecto se realizan visitas de

Introduction

RE- is a research project proposal that uses the mechanisms of planning and architecture to propose a holistic model for a minimal material and energy society where the quality of life of its inhabitants is improved. It has been developed to a specific location: The existing shipyards in El Natahoyo in Gijón (Asturias).

The research begins in 2007 in the central area of Asturias, a region mired in an industrial socioeconomic restructuring situation that is taken as an opportunity. In this context, we propose to reformulate the existing modes of production (and the architectural typologies related) to reformulate the methodologies of action on land and industrial infrastructure. Special attention is taken to the reinvention of construction methods in order to generate a model based in minimizing energy and resources consumption and an associated industry based in reutilisation.

1) Re-converting El Natahoyo in Gijón is chosen among several abandoned industrial sites of the region. In this plot Naval Gijón and Juliana (shipyards) and Duro Felguera's "El tallerón" (boilermaking factory) are located. Upon completion of the project (2010) it was still open the possibility of closing all shipyards, or, in any case, to transfer of all industries to the Port of Musel, a large-scale infrastructure still in construction.

The chosen site is an important part of the coastal edge of the city, with an area of 30 hectares and a coastline of 1500 that has been until now inaccessible for the joy of citizens. The intervention would pose an alternative character to the current existing sea edges: the ride "El Muro" in front of the beach of San Lorenzo, fenced by great density towers (up to 10 to 20 floors) developed during the "desarrollismo", in the 60's; and Cimavilla Peninsula, main location of the first Roman settlement in the city, which is now the Old Town with traditional low density housing and small restaurants and bars, attractive for tourists.

In front of them, RE- poses the reformulation of the relationship between city, nature and sea border and the use of existing infrastructures to generate unprecedented public spaces that help balancing the relationship of people with their environment.

2) Re-using (Fig. 1) The project proposes to obtain most of the building materials in a radius of 50Km away from the site. The declining industrial facilities in the central area of Asturias were analyzed as the main useful deposits of materials for this purpose. In order to develop the project, demolition and ferrous materials storage sites were visited in the area.

The idea is that if the project RE- was implemented, it could become a leader in this type of construction that could encourage the development of a "reuse-based" industry in the region. After the development of this project we have found some real projects that develop this approach, as the Opalis.be1 in Belgium, a network storage and classification of materials from different stores that are connected to users and re-users through an online platform.

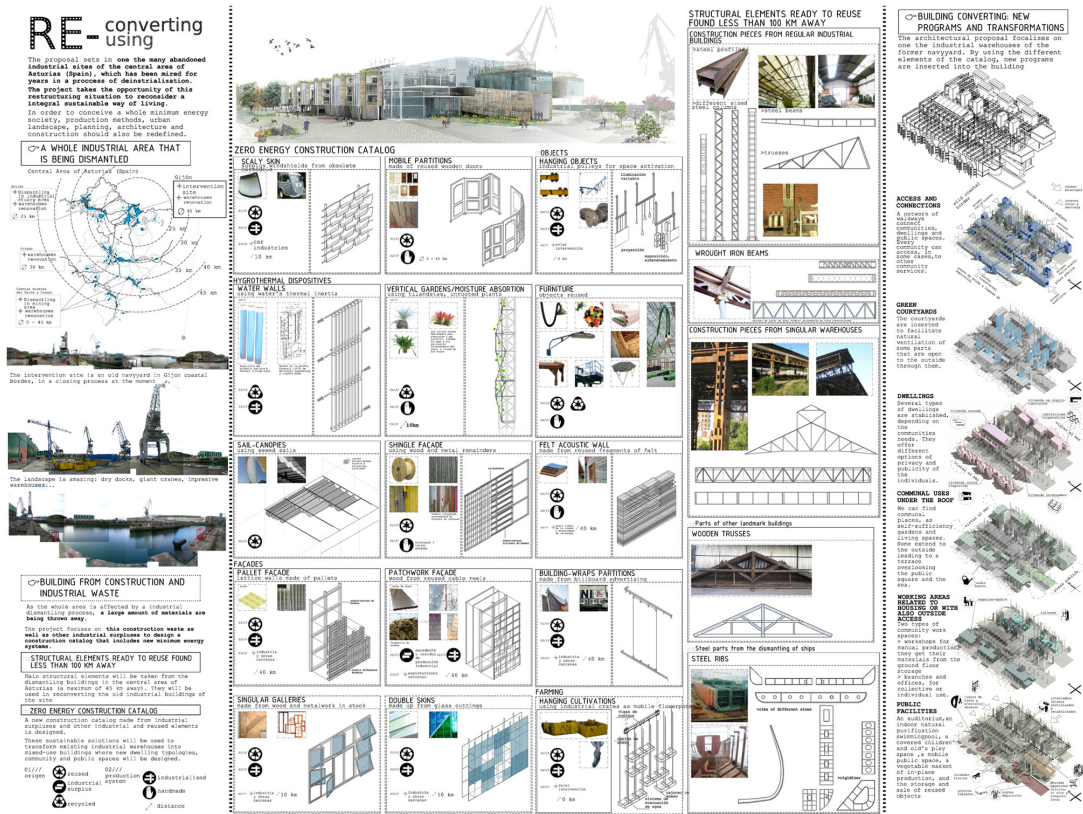


Fig. 1. Reconvertir – Reutilizar, Elisa de los Reyes García López, 2010
Reconverting – Reusing Elisa de los Reyes García López, 2010

campo a almacenes de demolición y de almacenaje de materiales férricos para su reutilización ya existentes en concejos adyacentes. En caso de que el proyecto RE- fuera llevado a la práctica, se convertiría en un referente en este tipo de construcción a partir de reutilizados que podría impulsar una industria de la reutilización en la región. Ejemplos reales se han desarrollado con posterioridad al planteamiento de este proyecto, como Opalis.be1 en Bélgica, una red de almacenaje y clasificación de materiales a partir de diferentes almacenes que son conectados con usuarios y reutilizadores a través de una plataforma online.

A partir del trabajo de campo realizado se plantea un catálogo de materiales a reutilizar de diferentes procedencias (reutilizados, reciclados y excedentes industriales) y modos de producción (industrial o artesanal).

Se plantea el uso de elementos estructurales procedentes de otras infraestructuras industriales como vigas, pilares y otros elementos de acero y/o hierro forjado; piezas procedentes de la industria náutica como cuadernas de acero y elementos de madera procedentes de construcciones tradicionales. Se plantean cerramientos a partir de excedentes industriales como parabrisas de automóvil cuya salida al mercado se ha detenido, inutilizando muchas de las piezas que incluían estos modelos; también la utilización de excedentes de piezas de la industria maderera o la reutilización de carpinterías de madera y metal sobrantes de una industria inmobiliaria detenida. Asimismo se incluyen elementos móviles a partir de polipastos industriales reutilizados, lonas publicitarias y mobiliario.

Este catálogo incluye también sistemas que permiten un mayor bienestar higrotérmico en las edificaciones: el sistema de muros de agua a partir de depósitos de polietileno reforzado basado en el producto Sun Lite (R) Thermal Storage Tubes2; la producción de toldos para el control de la radiación solar entrante en las edificaciones a partir de velas náuticas reutilizadas; la generación de

After some field work in the region, a catalog of reused materials from different origins (reused, recycled and industrial surplus) and production processes (industrial and artisanal) was designed.

The catalog includes reused structural elements as beams, columns and other elements of steel and/or wrought iron that come from abandoned industrial sites; also pieces from the naval industry as steel frames and wooden elements from traditional buildings. Enclosures arise from industrial surplus as discarded windshields from car models whose production has been stopped, leaving some parts useless; surplus parts from the timber industry and carpentries (also useless as building industry is detained). Mobile elements are made from repurposed industrial hoists, former advertising canvas and furnishings.

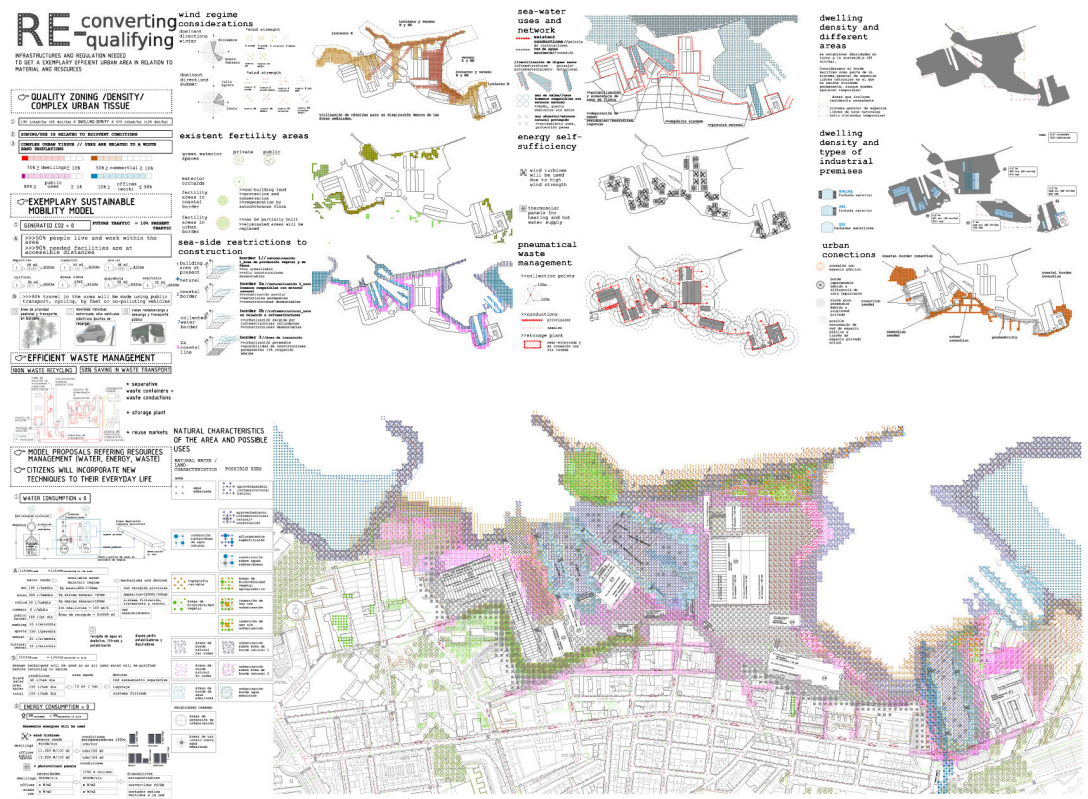
This catalog also includes systems that allow greater hygrothermal welfare in buildings: the water walls systems made of polyethylene tanks based on the Sun Lite® Thermal Storage Tubes Tubewall2; production of awnings to control incoming solar radiation in buildings from reused nautical sails; generation of tilandsias vertical surfaces that balance the relative humidity and the improvement of building insulation and soundproofing based on walls made of reused cloths and felts.

3) Re-qualifying (Fig. 2) a qualitative analysis of the territory is developed. It is based on identifying the existing qualities of the site in order to start a dialogue with the natural environment and the existing infrastructures in the area.

This analysis is conceived as propositional and therefore pose challenges as: the generation of a complex urban fabric, based on a density sustainable housing (above 65 dwellings / hectare) linked to various programs and related margins included in the action; CO2 production = 0 The area will be an example of sustainable mobility, as the mixture of the inserted programs minimize the need of displacement of the inhabitants, that should to be held in public and / or non-polluting transportation ways; Water consumption = 0,

Fig. 2. Reconvertir – Recualificar, Elisa de los Reyes García López, 2010

Reconverting – Requalifying
Elisa de los Reyes García López,
2010



superficies verticales de tilandsias, como equilibradoras de la humedad relativa o la construcción de muros aislantes y acústicos a partir de filtros reutilizados.

3) Re-cualificar. (Fig. 2) Se realiza un análisis cualitativo del territorio, basado en cualidades existentes relacionadas con el entorno de actuación y a través del que se pretende un diálogo con el entorno natural y las infraestructuras existentes en la zona.

Este análisis es propositivo y por ello se plantean retos como: La generación de un tejido urbano complejo, basado en una densidad de vivienda sostenible (mayor de 65 viviendas/hectárea) vinculada a programas diversos y con márgenes relativos a incluir en la actuación; CO₂ = 0 El área resultará un ejemplo de movilidad sostenible, dado que estos diferentes programas insertados minimizan los desplazamientos, que se realizarán en transporte público y/o no contaminante; Consumo de agua = 0, planteando el autoabastecimiento de agua en la zona a partir de la densidad y usos a insertar; Consumo de energía = 0 que implica la minimización del consumo y la instalación de medios de producción de energías renovables.

A nivel de la influencia de las condiciones naturales existentes se realizan mapas que plasman parámetros como: regímenes de viento, áreas fértiles existentes, presencia de agua, restricciones para la urbanización en relación a la costa (como ámbito de relación con vegetación y fauna). Desde un análisis propositivo se plantean redes de producción de energías renovables para la suficiencia energética y el autoabastecimiento de agua. A partir de la densidad y usos necesarios a insertar se valora la relación con las construcciones existentes, especialmente con las grandes estructuras de galpones que serán transformados.

4) Re-generar. (Fig. 3) Se plantean intervenciones a nivel de urbanización del área que cumplen los parámetros analizados y generan paisajes inéditos con potencial para

raising the need of self-supply of water in quantities related to the proposed housing density and other uses inserted in the area; Power consumption = 0 This implies minimizing the use and installation of renewable energies production means.

The influence of natural existing conditions in the site is analyzed through some parameters as wind regimes, existing fertile areas, the presence of water restrictions for urbanization in relation to the coast (as it is an area of intense relationship between humans, vegetation and fauna). Renewable energy and self-sufficiency water networks arise are also designed. The capacity of the existing buildings –mainly storehouses– is evaluated so that they can include a certain density of inhabitants and other uses.

4) Re-generating (Fig. 3) Urban interventions meet the previously analyzed parameters and, at the same time, generate attractive landscapes in order to become a reference and make a social impact.

CO₂ Production = 0. Vegetal interventions will absorb the CO₂ produced by the regeneration action taken in the area and the subsequent activity. The proposal includes the integration of natural areas of wild vegetation and fauna that minimize the resources needed for maintenance. The proposal balances human's relationship with wildlife and native vegetation and creates enjoyment spaces in the urban environment. The fertile coastal edges are rehabilitated using species from the Asturian coastal biotope; bird protection areas, sandy-beach areas of wild vegetation, agriculture areas and fruit trees squares (that improve self-sufficiency in the area) are also designed.

Existing industrial infrastructures are used to generate other unprecedented urban spaces. Some of the drydocks become infrastructures that made the area sustainable in terms of water. They include an educational public garden that incorporates a water purification plant (that uses the water collected on roofs and permeable soils of the area)



Fig. 3. Reconvertir – Regenerar, Elisa de los Reyes García López, 2010

Reconverting – Regenerating Elisa de los Reyes García López, 2010

convertirse en referentes con impacto social.

Producción de CO₂ = 0. Se plantea que las intervenciones vegetales absorban el CO₂ producido por la actuación de regeneración del área y la actividad posterior. Se plantea la integración de áreas naturales de vegetación y fauna autóctonas, minimizando recursos para su mantenimiento y con carácter salvaje. Con ello se equilibra la relación del ser humano con la fauna y vegetación autóctona para dar lugar a espacios de disfrute en el entorno urbano. Los bordes costeros fértiles se rehabilitan a partir de especies del biotopo costero asturiano; se establecen áreas de protección de aves, entornos de crecimiento de vegetación salvaje en arenales-playa, áreas de aprovechamiento agrario y plazas de frutales para el autoabastecimiento alimentario de la zona.

A nivel de urbanización se utilizan las infraestructuras industriales existentes para generar otros espacios urbanos inéditos. Parte de los diques secos se transforman en infraestructura para el autoabastecimiento y la depuración de agua. Se genera un jardín público didáctico que incluye una planta de potabilización (a partir del agua recogida en cubiertas y suelos permeables de la zona) y depuración hasta nivel terciario de aguas negras y grises. Otro de los diques secos se transforma en una enorme piscina para baños con depuración natural vegetal. Las grúas existentes adoptan usos que van desde espacios de expresión ciudadana hasta la instalación de miradores, restaurantes o medios informativos.

5. Re-programar (Fig. 4, Fig. 5) Y también Relocalizar. Para ello se desarrolla, a escala arquitectónica, la transformación de uno de los galpones existentes en el área de actuación. Se diseñan programas que vinculan viviendas a espacios de intercambio y disfrute. El conjunto de programas persiguen, además de los objetivos explicados en los puntos anteriores, la modificación en el modelo de producción y consumo actuales y el cierre de ciclos de recursos materiales.

and a grey and black water treatment plant. Another drydock becomes a huge pool for bathing that uses water that is also naturally purified. Existing cranes adopt uses ranging from opportunities for citizen expression to the installation of viewpoints, restaurants or visible media and other information.

5) Re-programing (Fig. 4) And Relocating. At an architectural scale the transformation of one of the existing storehouses in the area is developed. Housing programs that link spaces for exchanging and enjoyment are designed. The set of programs seeks, in addition to the objectives outlined in the previous analysis, the modification in the current model of production and consumption in order to close material and resources cycles.

The proposal focuses in bringing near physical points of production and points of sale and consumption. Short marketing chains which eliminate transportation and intermediaries are generated. In the ground floor arises the opportunity to create public covered spaces (plazas and gardens) that are much needed due to local weather conditions. They are designed as flexible and adaptable meeting spaces that offer alternatives to commercial spaces that fulfill this function nowadays.

On a practical level, three means are applied in the transformation of the storehouses:

5A) Improved services and capabilities in the residential area: for instance, all households have access to greenhouses that could cover at least 30% of vegetables needs of the inhabitants; furthermore, specific residential communities based on improving quality of life, adaptability and minimization of needed resources are arranged.

5B) Linkage of physical places for production and sale in the building. One of the storehouses is established as a street market for growing in place vegetables, where users can pick their own vegetables from the plants and even cook them at the restaurant there installed. Another area

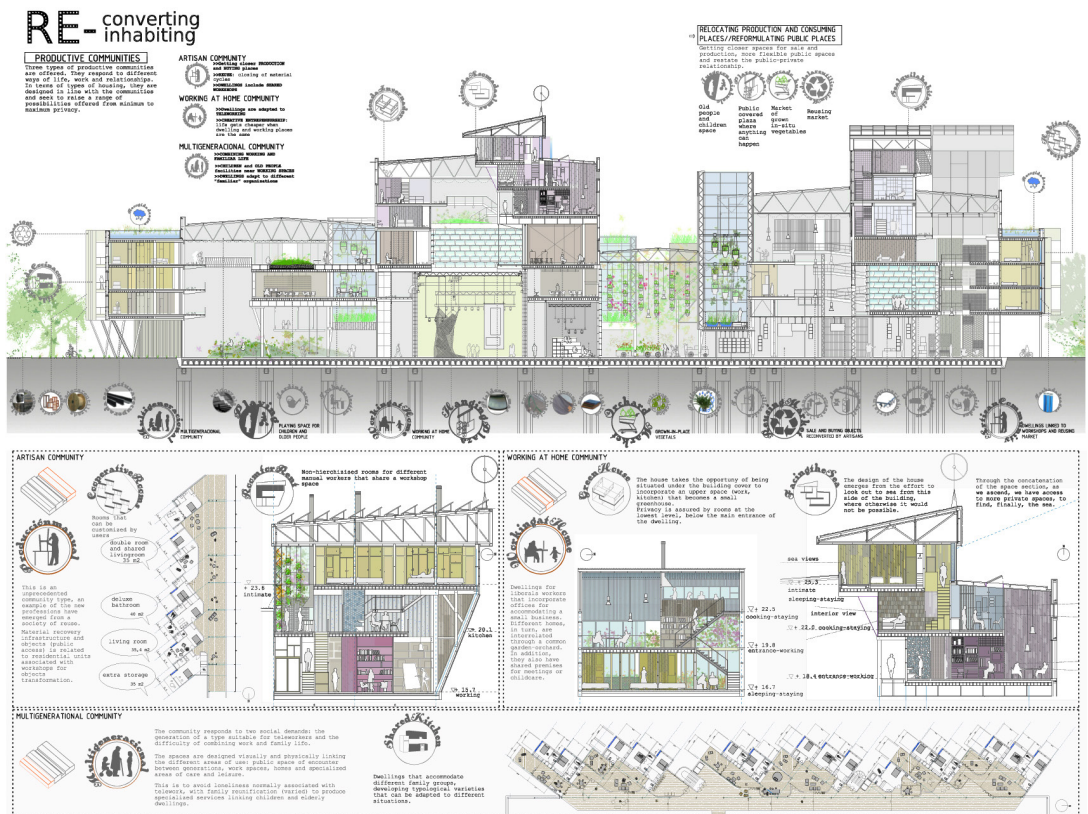
Fig. 4. Reconvertir – Reprogramar, Elisa de los Reyes García López, 2010

Reconvertir – Reprograming, Elisa de los Reyes García López, 2010



Fig. 5. Reconvertir – Rehabitar (Viviendas), Elisa de los Reyes García López, 2010

Reconvertir – Reinhabiting Elisa de los Reyes García López, 2010



Se plantea el acercamiento entre lugares de producción física y lugares de venta y consumo, generando cadenas cortas de comercialización vinculadas a las distintas necesidades materiales necesarias para el sostenimiento de la vida que precinden de medios de transporte e intermediarios. También se plantea la planta baja como una oportunidad de generar espacios (plazas y jardines) públicos cubiertos, muy necesarios debido a la climatología,

on the ground floor is configured as a place for storage of materials and reused objects, connected to a productive community of artisans that transform them and benefit from its sale.

5C) Reformulation of public spaces. A public square space endowed with very flexible systems is established to accommodate different types of events and is linked to associations and small rooms for civic organizations. The

haciendo hincapié en su diseño como espacios de encuentro flexibles y adaptables y ofreciendo alternativas a los espacios comerciales que cumplen esta función en la actualidad. Se insertan además programas inéditos aprovechando las características de las propias naves.

A nivel práctico, esto se desarrolla en la transformación de los galpones a través de tres medios principalmente:

5A) Mejoras en servicios y capacidades en el ámbito residencial: todas las viviendas tienen acceso a huertos-invernaderos para cubrir al menos el 30% de vegetales necesarios para los habitantes; se establecen comunidades residenciales específicas, que explicaremos más adelante, basadas en la mejora de la calidad de vida, la adaptabilidad y la minimización de recursos.

5B) La vinculación de lugares de producción y venta física en el interior del edificio. Una de las naves se establece a modo de espacio de cultivo y venta de vegetales in situ, donde los usuarios pueden recoger ellos mismos las verduras e incluso cocinarlos en el restaurante allí instalado. Otro de los espacios en planta baja se establece como lugar de almacenaje de materiales y objetos reutilizados, conectado con una comunidad productiva de artesanos que los transforman y se benefician de su venta.

5C) La reformulación de espacios públicos. Se establece un espacio dotado con sistemas muy flexibles a modo de plaza pública que puede acoger diferentes tipos de eventos, y vinculada a salas para asociaciones y pequeñas organizaciones ciudadanas. Se establecen jardines cubiertos que persiguen generar relaciones entre diferentes generaciones (espacios de juegos de niños; piscina cubierta de depuración natural...)

6) Re-habitar. (Fig. 6) Se establecen tres tipos de comunidades. Todas las viviendas tienen acceso a espacios de cultivo y vistas al mar.

6A) Comunidad Multigeneracional: Plantea el trabajo a distancia como favorecedor de la compatibilización de la vida laboral y familiar a través del diseño de viviendas para grupos de convivencia diversos ligados a espacios compartidos de cultivo, trabajo y cuidado y relación de niños y ancianos. Se relacionan visual y físicamente espacios públicos de encuentro entre generaciones, espacios de trabajo, viviendas y espacios especializados de cuidado y ocio. Las tipologías de vivienda asociadas tienen la capacidad de adaptarse a agrupaciones para la convivencia muy variadas.

6B) Comunidad de rehabilitadores: Se vincula una infraestructura de recuperación de materiales y objetos (de acceso público) con unidades residenciales asociadas a talleres, con los que se conectan a través de montacargas. Incluye dos tipologías de residenciales:

Las "Habitaciones cooperativas" plantean espacios íntimos (habitaciones con baño) de entre 30 y 45m² y la compartición de comedor, espacios de descanso y juegos, espacio de intercambio de libros o la sala de cine. Se relacionan con talleres de uso común, dotados de maquinarias especializadas.

"Se alquila habitación con espacio de trabajo compartido" plantea una tipología de habitaciones no jerarquizadas, para individuos o parejas que desean compartir un espacio de taller conjunto.

6C) Comunidad mi empresa en casa: En esta comunidad las viviendas crecen e incorporan en su interior los espacios de trabajo. Se establecen espacios de relación entre viviendas bajo la cubierta de la nave, donde los habitantes

covered gardens area pursues to create relationships between different generations (children's play areas, indoor pool of natural water purification...)

6) Re-inhabiting (Fig. 5, Fig. 6) three types of communities are established. All housing units enjoy sea views and have access to farming areas.

6A) Multigenerational Community: This community raises teleworking as a mean for favoring the reconciliation of work and "family" life. It integrates housing for different groups that is linked to shared spaces for farming, working, elderly and children leisure and caring. Workspaces, homes and specialized care and leisure spaces are related visual and physically. The housing types are designed to get adapted to varied groups of coexistence ("families").

6B) Artisan Community: in this community the ground floor area for recovery of materials and objects (with public access) is linked to the residential units and associated workshops via goods lifts. It includes two types of residential units: "Cooperatives Rooms" include intimate spaces (rooms with bathroom) between 30 and 45m² that are completed by the sharing of relaxation areas and games, libraries or cinema rooms. Workshops, which are equipped with specialized machinery are of communal use. "Room for rent with shared workspace" is a dwelling typology composed of non-hierarchical rooms for individuals or couples who want to share a common workshop space.

6C) "Working at home" Community: In this community housing units incorporate workspaces. By linking these two uses, the units become economically advantageous for small enterprises and freelancers. The community includes shared spaces between housing units where neighbors can play sports or cook and eat in a large terrace. They also have locals shared by communities. Two types of housing are integrated: The Green House home and the house Facing the Sea.

7) Re-designing (Fig. 7) Complete solutions are formulated by integrating the elements of the previously developed catalog of systems. For instance, the 100% reused façade is made of reused timber wood from reused cable reels; reused windshields are assembled as an interior facade in the street market of grown in place vegetables; treatment and ventilation courtyards are built from reused trusses; and the SouthEast facade incorporates water Trombe walls.

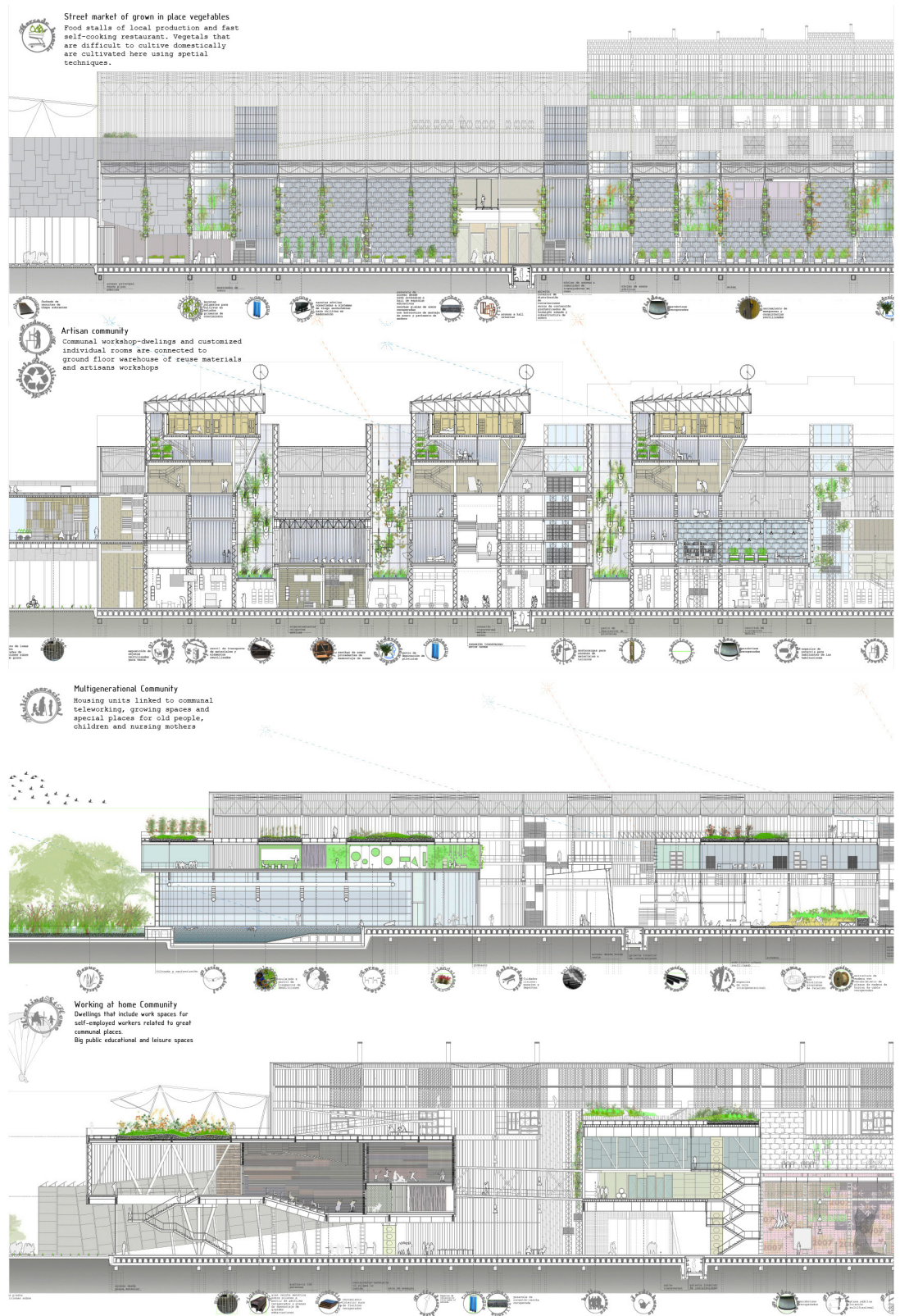
8) Re-supplying (Fig. 8) different passive systems that pursue higher hygrothermal welfare and minimize consumption of resources and energy are installed. We detail the most relevant systems, many of them located in the treatment and ventilation courtyards.

8A) Ventilation: Ventilation is achieved through a double outer skin with an air chamber. It forces the ascent of air in order to ventilate the big spaces of the storehouse. Courtyards also allow direct ventilation in interior rooms (workspaces and production) through the utilization of reused window frames that have been refurbished with triple glazing.

8B) Water purification: Purification tanks are integrated in the courtyard by the installation of a hanging structure. They form part of the harvesting and treatment rainwater system of the building. The tanks contain different plants species: water lilies (latifolia iris and iris pseudacorus) in the highest parts of the courtyard. In the lower patio, areas of indirect sunlight parts, reed, reeds and bulrush are located.

8C) Heat retention: Trombe walls are arranged in SouthEast

Fig. 6. Reconvertir – Rehabitar (Comunidades), Elisa de los Reyes García López, 2010
Reconverting – Reinhabiting, Elisa de los Reyes García López, 2010



puedan practicar deportes, o una gran terraza para cocinar barbacoas. También disponen de locales de gestión comunitaria. Se integran dos tipologías de viviendas: la vivienda invernadero y la vivienda asomada al mar.

7) Re-diseñar (Fig. 7) A partir del catálogo constructivo realizado previamente se formulan soluciones completas que incluyen diferentes sistemas y elementos. Así, se desarrolla la fachada 100% reutilizada, a partir de maderas reutilizadas procedentes de madera de bobinas de cable

facades of the building. They are based in polycarbonate tubes reinforced with fiberglass (adaptation of Sun Lite Thermal Storage Tubes R) that are filled with purified rainwater. They take advantage of the thermal inertia of water to minimize energy heating consumption in the building, and, furthermore, serve to deposit water for emergency situations.

9) Re-assembling (Fig. 7) The reuse of structural materials poses a certain reformulation of the conventional structural

Detallamos los sistemas más relevantes, muchos de ellos centralizados en los patios.

8A) Ventilación: La ventilación se realiza a través de una doble piel exterior con una cámara de aire. Permite el ascenso forzado del aire y así la ventilación de los espacios diáfanos de la nave. También permiten la ventilación directa de locales interiores (espacios de trabajo y producción) a través de carpinterías reutilizadas, rehabilitadas con triple acristalamiento.

8B) Depuración de agua: Se integra en el interior de los patios una estructura colgada unida a tanques de depuración que forma parte de la red de recolección y depuración de agua de lluvia del edificio. Los tanques contienen diferentes especies vegetales: lirios acuáticos (iris latifolia y el iris pseudacorus) en las partes más elevadas del patio. En las partes más bajas del patio, zonas de soleamiento indirecto, se situarán carrizo, juncos y espadaña.

8C) Retención de calor: Dada la relativa ligereza de las estructuras utilizadas y, por tanto, la baja inercia térmica de la edificación, se disponen en las fachadas Sureste muros trombe de agua a base de tubos de policarbonato reforzado con fibra de vidrio (adaptación del producto Sun Lite R Thermal Storage Tubes) que se rellenan con el agua de lluvia depurada. Se aprovecha, de este modo, la inercia térmica del agua, y, por otra parte, sirven de depósito utilizado en momentos de emergencia o necesidad.

9) Re-ensamblar (Fig. 7): La reutilización de materiales estructurales plantea una cierta reformulación en el cálculo de estructuras y su dimensionado. Éste se realiza a partir de unos elementos dados que deben ser adaptados: la propia estructura de las naves existentes y las piezas reutilizadas. Se estudian cuatro casos representativos: el apoyo sobre la estructura existente; el uso de elementos estructurales reutilizados en condiciones geométricas similares pero con nuevas cargas; el uso de elementos estructurales reutilizados en condiciones geométricas diferentes y, por tanto, con nuevas cargas y diferente comportamiento estructural. También se estudia el comportamiento de los paños exteriores del patio, sujetos a presión y succión.

structural behavior. The behavior of the external surfaces of the courtyards, that are subject to pressure and suction forces, is also studied.

NOTAS / NOTES:

(1) Opalis.be www.opalis.be It is an online platform open to all individuals, contractors and architects who wish to buy, sell, or implement reuse materials.

(2) Sun Lite R Thermal Storage Tubes <http://www.solar-components.com/tubes.htm> is a registered product by Solar Components Corp, based in Manchester. More information in the document <http://www.builditsolar.com/Projects/SpaceHeating/AWaterWallIntro.pdf>

El 'Diseño para la desconstrucción', una metodología Lean

The 'Design for disassembly', a Lean methodology

José M^a González Barroso¹, Albert Estruga Rey, Paula Martín Goñi

RESUMEN

Actualmente existe un creciente interés en la reducción de los recursos que se consumen y los residuos que se producen en la construcción de edificios, que nos conduce al estudio y propuesta de sistemas de construcción alternativos a los convencionales. Son sistemas de construcción de edificios que mejoran la gestión de los recursos materiales, la energía y los residuos, con la finalidad de minimizar el impacto ambiental de la construcción. En su conjunto muestran una clara compatibilidad con los principios y las prácticas de la filosofía Lean en la construcción, que tiene por objetivo eliminar los despilfarros mediante una producción eficiente y la mejora continua de los procesos de producción. En nuestro sector, esta filosofía se denomina "Lean Construction" (LC).

El término LC considera la construcción del edificio no solamente en la fase de fabricación de los materiales y elementos que los componen, sino también en la etapa de ejecución de la obra y a lo largo de su vida útil. En definitiva se plantea con un alcance que incorpora el ciclo completo del edificio "cradle to cradle".

Además, durante los últimos años se ha venido desarrollando una metodología de diseño y construcción del edificio denominada "Design for disassembly" (Dfd), que como en el caso del Lean tiene origen en la producción industrial, presta atención a las demandas de conservación del medio ambiente. El Dfd, que podemos traducir por diseño para el desmontaje o diseño para la desconstrucción de edificios, es una estrategia de proyecto para el desarrollo de una arquitectura Lean. Así, el Dfd propone procesos más eficientes con el objetivo de cerrar los ciclos de los materiales y por lo tanto reducir los despilfarros y el impacto ambiental de la construcción.

Esta nueva manera de proyectar necesita un enfoque distinto de todos los agentes que intervienen en las distintas fases de la construcción: el proyecto, la ejecución de obra y el tratamiento de materiales y componentes. En este sentido es preciso conocer el ciclo de vida de los materiales, la jerarquía del reciclaje, diferenciar las envolventes que conforman el edificio,... Y fundamentalmente conocer los principios del Dfd para poder aplicar esta nueva estrategia de proyecto técnico y proceso constructivo.

En este artículo los principios teóricos y guías de diseño del Dfd se ponen en valor en relación a la obra construida y para ello se analizan cuatro casas representativas de la obra del arquitecto australiano Glenn Murcutt. La metodología empleada en el desarrollo del análisis es la que desarrolla el Prof. Philip Crowther en la tabla "Principios del diseño de la desconstrucción y la jerarquía del reciclaje". Esta herramienta de análisis determina criterios de valoración racionales que aplicamos a los cuatro casos de estudio por igual, de forma que nos permite comparar los resultados obtenidos en la tabla de cada caso estudiado.

La finalidad del estudio es verificar la utilidad de la metodología Dfd de análisis de proyectos aplicada a una arquitectura que, a menudo, se considera un ejemplo de sostenibilidad ambiental. Y naturalmente verificar la adecuación de las características tecnológicas de los edificios estudiados a los principios de Dfd, que pueda ser tomada como ejemplo a seguir de una construcción Lean, ambientalmente sostenible.

Palabras clave: Diseño para el desmontaje, Construcción Lean, Desconstrucción, Construcción sostenible

Keywords: Design for disassembly, Lean Construction, Deconstruction, Sustainable construction

(1) Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona Tech, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

E: albert_estruga@coac.net

Introducción

La construcción de edificios es una de las actividades industriales que tiene un impacto ambiental más elevado en la actualidad y la generación de residuos que produce es un problema diagnosticado desde hace años en los países de la Unión Europea. En España las cantidades de RCD (Residuos de Construcción y Demolición) generadas, se estiman en torno a los 40 millones de toneladas anuales (1). También la descripción cualitativa de estos residuos ha sido estudiada y caracterizada en documentos oficiales (2). Su origen es diverso, desde la excavación, pasando por el propio proceso de ejecución de la obra y acabando en la demolición.

Estos residuos procedentes de materiales para la construcción han sido producidos, en su mayor parte, a partir de recursos naturales por lo que si se reduce la cantidad de los que se originan en las demoliciones de los edificios y se reintroducen en el ciclo de producción de los materiales disminuirá el problema de su gestión y el derroche de estos recursos (3).

La filosofía Lean (Lean thinking) tiene como uno de sus objetivos mejorar los procesos de producción para reducir los desperdicios de los materiales y generar la máxima cantidad de valor transformándolos en nuevos materiales para poder cerrar su ciclo. La recuperación, reutilización o reciclado son procesos más lentos y costosos que la demolición por lo que es fundamental estudiar su viabilidad económica para lograr un equilibrio entre el coste y el beneficio ambiental que se obtiene (9). Además, son necesarios unos criterios de valorización de la sostenibilidad para disponer de una herramienta de trabajo que sea útil y nos indique si es oportuno diseñar para el desmontaje.

La metodología del 'Design for deconstruction' (Dfd) es heredera de los planteamientos de la industria manufacturera mediante el 'Design for environment' y, sobre todo, el 'Design for disassembly'. Esta metodología tiene como objetivo principal reducir el impacto negativo de los procesos de construcción sobre el medio ambiente a través del cierre del ciclo de los materiales. El Dfd propone una manera nueva de entender la tecnología constructiva del proyecto, que va más allá de la gestión de los recursos necesarios para ejecutarlo, considerando imprescindible atender a la gestión de los residuos que se producirán en la demolición o desmontaje del edificio al final de su vida útil (4). Si se incorporan los principios de Dfd a los inputs del proyecto técnico de modo que se favorezca la construcción y el fácil desmontaje del edificio se aumenta la viabilidad económica del proceso. Hoy ya existen diversas guías de principios de desconstrucción basados en conceptos como los ciclos de los materiales, la jerarquía de reciclaje y las capas del edificio, y que se utilizarán en el desarrollo de este estudio.

Ciclo de los materiales

El análisis del ciclo de vida (ACV o LCA en inglés) es una metodología empleada para conocer y cuantificar las interacciones que la fabricación y el uso del producto final tienen con el medio ambiente (5).

Los sistemas constructivos actuales se basan en un ciclo lineal abierto donde se consumen recursos y generan residuos, cuyas etapas son: extracción, proceso de las materias primas, manufactura del producto, montaje, uso, mantenimiento, demolición y disposición del residuo. Identificar cada una de ellas nos permite actuar para

Introduction

Building construction is one of the industrial activities that has a higher environmental impact today and the generation of waste it produces is a problem diagnosed for years in the countries of the European Union. In Spain the quantities of CDW (Construction and Demolition Waste) generated are estimated at around 40 million tons per year (1). Also qualitative description of these residues has been studied and characterized in two official documents (2). Their origin is diverse, from excavation, through the process of execution of the work and finishing the demolition. These waste from building materials have been produced, mostly, from natural resources so if the quantity of the waste originating from the demolition of buildings are reduced and reintroduced into the production cycle it will reduce the problem of management and waste of these resources (3).

The Lean (Lean thinking) philosophy has as one of its objectives to improve production processes to reduce waste of materials and generate the maximum value by transforming them into new materials to close its cycle. The recovery, reuse or recycling are slower and more expensive than the demolition processes so it is essential to examine the economic viability of achieving a balance between cost and environmental benefit obtained (9). Besides, valuation criteria of sustainability are needed to provide a tool that is useful and will indicate whether it is appropriate to design for disassembly.

The methodology of 'Design for deconstruction' (Dfd) is heir to the approaches of manufacturing industries through 'Design for environment' and specially the 'Design for disassembly'. This methodology has as main objective to reduce the negative impact of the construction process on the environment by closing the materials cycle. The Dfd proposes a new understanding of construction technology project, that goes beyond managing the resources required to run it, it's imperative to address waste management that will occur throughout the demolition or removal of the building at the end of its useful life (4). If Dfd principles are incorporated into the inputs of the technical project so that construction and easy disassembly of the building the economic viability of the process is increased. Today, there are several principles guide based on concepts such as cycles of materials, recycling hierarchy and the layers of the building, to be used in the development of this study.

Materials cycle

El Natahoyo in Gijón is chosen among several abandoned industrial sites of the region. In this plot Naval Gijón and Juliana (shipyards) and Duro Felguera's "El tallerón" (boilermaking factory) are located. Upon completion of the project (2010) it was still open the possibility of closing all shipyards, or, in any case, to transfer of all industries to the Port of Musel, a large-scale infrastructure still in construction.

The chosen site is an important part of the coastal edge of the city, with an area of 30 hectares and a coastline of 1500 that has been until now inaccessible for the joy of citizens. The intervention would pose an alternative character to the current existing sea edges: the ride "El Muro" in front of the beach of San Lorenzo, fenced by great density towers (up to 10 to 20 floors) developed during the "desarrollismo", in the 60's; and Cimavilla Peninsula, main location of the first Roman settlement in the city, which is now the Old Town with traditional low density housing and small restaurants and bars, attractive for tourists.

modificar esta linealidad y hacer que los residuos vuelvan a incorporarse en alguna etapa, como en el tecno-ciclo o ecología industrial que tiene como objetivo tratar los residuos o desechos de la misma manera que lo hace la naturaleza (bio-ciclo), donde todo se aprovecha (7). Este se basa en el reciclado y reutilización de todos los materiales y/o componentes para elaborar nuevos materiales y/o productos, cerrando así su ciclo de vida lo que posibilita la disminución de los recursos materiales y energéticos necesarios en la fase de producción.

Jerarquía de reciclaje

Hay posibilidades de cerrar los ciclos más o menos sostenibles debido a que los impactos son más controlados. A la hora de reutilizar o reciclar existe una jerarquía que nos indica donde es posible y a que escala se puede intervenir en los edificios para reintroducir el residuo en el ciclo (8):

Reutilización del edificio: Es el nivel más alto ya que se recupera en su totalidad, mediante la rehabilitación, restauración o relocalización del edificio.

Reutilización de los componentes: Incluye aquellos que tienen una forma estandarizada que permiten que sean intercambiables y manipulados fácilmente.

Reutilización de los materiales: Reprocesado de materiales en nuevos componentes.

Reciclaje de los materiales: El nivel más bajo. Se debe prestar especial atención a este escenario ya que el consumo final de energía y la contaminación relacionada puede ser mayor que si se utilizan nuevos recursos.

Capas del edificio

Identificar las diferentes capas del edificio según su ciclo de vida permite escoger los materiales y diseñar un sistema de relaciones más o menos dependientes entre ellas para favorecer la gestión más eficiente de los recursos materiales (10).

Estructura: La más durable del edificio (30-300 años), más pesada y la menos flexible.

Envolvente: Duración aproximada de 25 años. Controla los intercambios entre el interior y el exterior por lo que tendrá una relación compleja con el resto de capas.

Instalaciones: Durabilidad 10-15 años. Debe ser registrable y no ir empotrada para facilitar la manipulación y mantenimiento.

Revestimientos interiores: Alto grado de desgaste por lo que sufren muchos cambios a lo largo de su vida útil.

Uno de los elementos esenciales al concebir el edificio por capas son las uniones, que determinan la relación entre ellas y su grado de adaptabilidad a los cambios. También se requiere el diseño de procesos de montaje/desmontaje con sistemas en paralelo que permitan actuar en distintas capas simultáneamente de manera independiente.

Proyector para desconstruir, principios del Dfd

El objetivo del diseño para desconstruir es asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales – la fabricación de materiales y las edificaciones– a los ecosistemas naturales para cerrar el ciclo de los materiales. Es una nueva forma de considerar el proyecto y la construcción del edificio, que persigue alcanzar la mayor

In front of them, RE- poses the reformulation of the relationship between city, nature and sea border and the use of existing infrastructures to generate unprecedented public spaces that help balancing the relationship of people with their environment.

Recycling hierarchy

There are chances of closing the circles more or less sustainably, because the impacts are more controlled. At the time of reuse or recycle, there exists hierarchy that indicates where it is possible and at which scale can we intervene in the buildings to reintroduce the residue in cycle (8):

Building reuse: This is the highest level, since the building is recovered fully, through rehabilitation, restoration or relocation.

Reuse of components: Includes those having a standardized form that allows them to be interchangeable and easily manipulated.

Reuse of materials: Reprocess of materials into new components.

Recycling of materials: The lowest level. Pay special attention to this scenario as the final energy consumption and related pollution may actually be higher than if you use new resources.

Building Layers

Identifying the different layers of the building based on their lifecycle allows to choose the materials and design a relations system more or less dependent between them to promote more efficient management of material resources (10).

Structure: Building more durable part (30 – 300 years), heavier and the less flexible.

Surround: Approximate duration of 25 years. Controls exchanges between the inside and the outside that will have a complex relationship with the other layers.

Facilities: Durability 10-15 years. Must be measurable and not go embedded to facilitate handling and maintenance.

Indoor coatings: High degree of deterioration for which they undergo many changes throughout its life.

One of the key elements in designing the building by layers are the joints, which determine the relationship between them and their degree of adaptability to changes. Process design of assembly/disassembly with parallel systems that allow different layers simultaneously to act independently is also required.

Project to deconstruct, principles of Dfd

The objective of the design to deconstruct is to assimilate the functioning of the industrial-ecosystem-, materials manufacturing and buildings – to the natural ecosystems to close the materials cycle. It is a new way of considering the design and construction of the building, which aims to achieve greater efficiency in the recovery of materials and products that were used in the building.

The Dfd promotes the increase in material value, for it enhances its useful lifespan, and reduces the environmental impact of waste by reusing, recycling, repair parts or the whole building. If we understand that Lean construction



Soy parte del 30% de los PC que malgastan energía por las noches.

(mi insomnio te cuesta entre 10 y 50€ anuales pero no lo digas al CFO)



¿Quieres hacer algo?

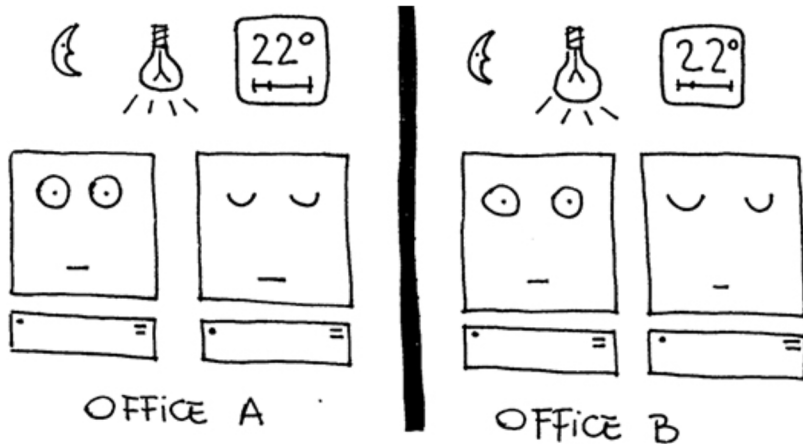
Cómo: Instalar la solución de ahorro centralizada Verdiem Surveyor PC Power Manager.

Esfuerzo: 1/2 jornada para instalar el software, 2 semanas de diagnóstico y 2 semanas más de aplicación.

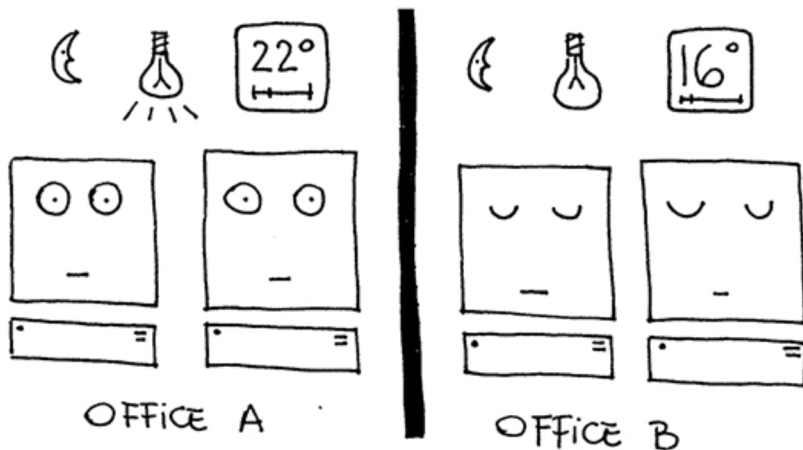
Ahorro: Entre 10.000 y 20.000 € anuales cada 1000 PC de media (hay extremos mejores).

ROI: de 12 a 18 meses.

Leantricity es la única empresa en toda Europa dedicada 100% a reducir el malgasto energético en redes microinformáticas. Introdujimos el producto líder del mercado (Verdiem, USA) en España en 2007 y durante este tiempo hemos ayudado a más de 30 grandes organizaciones en las áreas de gobierno central, autonómico, local, educación superior y sanidad.



Why can't we, by simply rearranging coincident activities, improve our overall energy efficiency?



Leantricity uses intelligent data collection methods, through IT usage analysis, to produce accurate space utilisation assessments, and energy consumption reports in shorter periods of time than any other available option (and at a fraction of the cost). This enables us to provide you with a detailed, in-depth cost savings report by optimising the workspace.

Traditional methods of working out office space utilisation involved a huge amount of consultancy time, with experts walking the floor and physically going to every workspace to see how and when it is used. This would have to be done on multiple days of the week, and multiple times of the day to improve data accuracy. This involves huge costs and a great deal of time. The Carbon Trust even recommends a counting coats and bags method to assess desks occupancy (Carbon Trust 2007). Even with energy sub-metering on each individual floor, this does not indicate where the energy is being used or wasted.

The Leantricity method involves deploying a small PC client to each individual device. Then waiting for a period of approximately 2 weeks while the client collects its individual usage data. This data is then overlaid onto a building layout and graphics produced demonstrating the current workspace utilisation, energy consumption and waste.

By analysing the detailed data collected we can demonstrate savings opportunities by efficiently managing the space. Not only in the particular workspace, but the entire floor or even the building.

Tabla 1. "Principios del Diseño para la desconstrucción y su relevancia para los niveles jerárquicos del reciclaje" Crowther, Philip, 2005.

"Principles of Design for Disassembly and their relevance to the hierarchic levels of recycling": Crowther, Philip, 2005

eficiencia en la recuperación de los materiales y productos con los que se ha construido (11).

El Dfd fomenta el incremento de valor de los materiales –al potenciar su vida útil- y reduce el impacto ambiental de los residuos mediante la reutilización, reciclaje, reparación de partes del edificio o todo él. Si entendemos que la construcción Lean busca eliminar los despilfarros mediante una producción eficiente y la mejora continua de los procesos de producción para generar valor, el Dfd será una herramienta útil para desarrollarla.

Estos principios promueven como alternativa al modelo convencional, una construcción más racional, abierta e industrializada y que haga viable el cierre del ciclo de los materiales mediante el desmontaje de los elementos de edificaciones existentes.

Los principios por los que se rige son (8):

- Facilitar la división y recogida selectiva de los residuos para favorecer su reciclaje y valorización posterior.
- Diseñar el desmontaje gradual y selectivo del edificio que se desarrolla en sentido inverso al de su construcción lógica.

Para la verificación del estudio se utiliza la metodología de análisis planteada por el profesor Philip Crowther of Queens Land Technical University of Brisbane, Australia, concretamente los principios del Dfd enumerados en la tabla.1 "Principles of Design for Dissassembly and their relevance to the hierarchic levels of recycling" (12).

Es una propuesta útil para analizar de forma completa las características técnicas del proyecto y plantear la discusión sobre la sostenibilidad ambiental de los materiales, técnicas y sistemas constructivos empleadas en su ejecución.

Estudio de 4 casas de Glenn Murcutt

La obra de Glenn Murcutt galardonado con el premio Pritzker en 2002, se basa en la construcción tradicional aplicando materiales locales con soluciones técnicas simples, lo que requiere claridad, rigor y simplificación estructural (13-17). La mayoría de su obra gira alrededor de la vivienda unifamiliar aportando soluciones específicas para cada una de ellas, pero respetando siempre cinco principios en los que basa su arquitectura para dar respuesta a cada situación y que hacen que su obra tenga un interés especial para analizarla desde el punto de vista del diseño para desmontaje:

- Disponibilidad de los materiales: Materiales locales combinados con otros asequibles, modificando las soluciones para adecuarse a distintos condicionantes y aprovechar al máximo sus posibilidades.
- Viabilidad constructiva: Todo proceso constructivo tiene que ser ejecutable con las técnicas y los recursos disponibles en el lugar de implantación.
- Capas: Combinación de capas con conexiones simples para dar respuesta a cada situación.
- "Low-tech": Soluciones asequibles que no requieran un alto grado de especialización o tecnificación.
- Lugar/clima: Especial atención para encontrar la

Legend of level of relevance:					
● Highly relevant					
• Relevant					
. Not normally relevant					
No	Principle	Material recycling	Component remanufacture	Component reuse	Building relocation
1	Use recycled and recyclable materials	●	●	.	.
2	Minimise the number of different types of material	●	●	.	.
3	Avoid toxic and hazardous materials	●	●	.	.
4	Make inseparable subassemblies from the same material	●	●	.	.
5	Avoid secondary finishes to materials	●	●	.	.
6	Provide identification of material types	●	●	.	.
7	Minimise the number of different types of components	.	.	●	●
8	Use mechanical not chemical connections	.	●	●	●
9	Use an open building system not a closed one	.	.	●	.
10	Use modular design	.	.	●	.
11	Design to use common tools and equipment, avoid specialist plant	.	.	●	●
12	Separate the structure from the cladding for parallel disassembly	.	.	●	.
13	Provide access to all parts and connection points	.	.	●	●
14	Make components sized to suit the means of handling	.	.	●	●
15	Provide a means of handling and locating	.	.	●	●
16	Provide realistic tolerances for assembly and disassembly	.	.	●	●
17	Use a minimum number of connectors	.	.	●	●
18	Use a minimum number of different types of connectors	.	.	●	●
19	Design joints and components to withstand repeated use	.	.	●	●
20	Allow for parallel disassembly	.	.	●	.
21	Provide identification of component type	.	.	●	.
22	Use a standard structural grid for set outs	.	.	.	●
23	Use prefabrication and mass production	.	.	●	●
24	Use lightweight materials and components	●	●	●	●
25	Identify points of disassembly	.	.	●	●
26	Provide spare parts and on site storage for them and parts during disassembly	.	.	.	●
27	Retain all information of the building components and materials	.	.	.	●

seeks to eliminate wastage through efficient production and continuous improvement of production processes to generate value, Dfd will be a useful tool to develop (11).

These principles promote, as an alternative to the conventional model, a more rational, open, industrialized construction and that makes viable the closing of the cycle of the materials by the dismantling of the existing buildings.

The principles by which it is governed (8):

- Facilitate the division and selective recollection of waste to encourage recycling and its subsequent valorization.
- Designing the gradual and selective dismantle of the building that develops in the opposite logical order of construction.

For verification of this study, analysis methodology proposed by Professor Philip Crowther of Queens Land Technical University of Brisbane, Australia, is used, in particular the principles listed in the Dfd table.1 "Principles of Design for Disassembly and Their relevance to the hierarchic levels of recycling" (12)

Definitely, they are a useful tool to analyze completely the technical characteristics of the project and to raise discussion about the environmental sustainability of materials, building systems and techniques employed in its execution.

Study of 4 of Glenn Murcutt houses

The work of Glenn Murcutt awarded with the Pritzker Prize in 2002, is based on traditional construction using local materials with simple technical solutions, requires clarity, rigor and structural simplification (13-17). Most of his work revolves around the family house providing specific solutions to each of these, while respecting five principles on which its architecture it's based to respond to every situation and make his work appealing for analysis from the point of view of design for disassembly:

- Availability of materials: Local materials combined with other affordable materials, editing solutions to suit

name	MARIE-SHORT HOUSE	MAGNEY HOUSE	SIMPSON-LEE HOUSE	MARIKA-ALDERTIB HOUSE
localization	 Kempsey, Nueva Gales del Sur	 Bingle Point, Nueva Gales del Sur	 Blue Mountains, Nueva Gales del Sur	 Eastern Arnhem land, Territorio del Norte
climate	variations in temperature can reach 30°C heavy rains	mild summer + winter cold winds	extreme climatology: cold in winter + very hot in summer dry area in with strong winds	tropical area affected by the monsoon summer: hot+very high humidity winter: dry+low humidity
construction year	1975/1980	1983-1984/1999	1989-1994	1992/1994
construction duration	<1 year	1 year	6 years	few days
images	 	 	 	 
plans				
layers definition	STRUCTURE: -foundation concrete cubes -wooden pillars & beams (variable section) SHELL: -tongue-and-groove wooden boards -glass -deck: galvanized steel sheet INTERIORS: -wooden board INSTALATIONS: -natural ventilation system -chimney	STRUCTURE: -foundation concrete slab -steel tubes & section SHELL: -brick wall -glass -galvanized steel regulable slats -galvanized steel sheet -deck: galvanized steel sheet INTERIORS: -plasterboard -concrete floor tile -ceramic wall INSTALATIONS: -natural ventilation system -chimney	STRUCTURE: -foundation concrete cubes -steel tubes & section SHELL: -brick wall -glass -galvanized steel regulable slats -galvanized steel sheet -deck: galvanized steel sheet INTERIORS: -ceramic wall -concrete pavement INSTALATIONS: -climatization system -chimney	STRUCTURE: -foundation concrete cubes -wooden and steel pillars & beams (variable section) SHELL: -doble plywood panel -steel slats -galvanized steel sheet -deck: galvanized steel sheet INTERIORS: -waterproofed plywood panel -wooden floor open joint INSTALATIONS: -natural ventilation system

Tabla 2. Comparación de las características de las cuatro casas

Four houses Characteristics comparison.

mejor ubicación y solución para integrarse en el entorno.

Con el análisis de la tabla de Crowther como herramienta nos proponemos estudiar:

- La posibilidad de desmontar sus casas, crear ciclos cerrados de materiales, reducir el desperdicio y el impacto ambiental de la construcción.
- Identificar los puntos fuertes y los puntos débiles de este tipo de construcciones
- Si una arquitectura ejemplar en el modo de entender la relación entre técnica y proyecto, está a la vez pensada en términos de futuros usos y puede tomarse como ejemplo de arquitectura Lean.

Cada uno de los principios ha sido analizado en las cuatro

different conditions to maximize their chances.

- Constructive Feasibility: All construction process has to be executable with the techniques and resources available at the site of implantation.

- Layers: A combination of layers with simple connections to respond to each situation.

- "Low-tech": Affordable solutions that do not require a high degree of specialization or modernization.

- Location/climate: Special attention to find the best location and the best solution to integrate into the environment.

With the analysis of the table of Crowther as a tool we will study:

- The possibility of dismantling their homes,

Tabla 3. Análisis caso de estudio 1: Marie-Short House

Nº	MARIE-SHORT HOUSE [M-S]
01	✓ Recycled and recyclable material -> wood
02	✓ 3 materials (wood-steel-glass) + isolation
03	✓ No toxic natural finished (primer oils)
04	✓ No used of composed materials
05	✓ Finishes: wood -> oil / steel -> galvanized
06	✗ The type of material is not identified
07	✓ Potential for the interchangeability of the components for assembly efficiency
08	✓ Joints: mechanical + tongue-and-groove + (silicone for glass)
09	✓ Potential for the interchangeability of the components -> realized in the project
10	✓ Modulation: structure [3.048m*6.096m] / cladding height = 2.10m+0.30m
11	✓ Use of common tools for the construction
12	✓ Enclosure independent from the structure, screwed to a fixation substructure
13	✓ Accessibility to all the constructive system elements
14	✓ Maximum structure span 6m / wood and sheets small dimensions [25cm*7.5cm]
15	✓ We don't know
16	✓ House designed for disassembly -> existence of tolerances to realize it
17	✓ Minimum screwed points for easy disassembly process
18	✓ 2 types of connectors: screws and nails
19	✓ Tongue-and-groove unions that allows the disassembly process without damaging the materials
20	✓ Possibility of disassembly by modules and work in parallel
21	✗ Identifiable but unidentified
22	✓ Structural frame is determined by the wood dimensions
23	✓ Prefabricated but not standardized components / Manipulated by 2 operators
24	✓ Light edification + controlled dimensions
25	✗ Viewed located disassembly points but not identified
26	✓ We don't know
27	✓ Highly detailed technical documentation

Tabla 4. Análisis caso de estudio 2: Marika-aldertib House

Case analysis of study 2: Marika-aldertib House

Tabla 5. Análisis caso de estudio 3: Simpson Lee House

Case analysis of study 3: Simpson Lee House

Tabla 6. Análisis caso de estudio 4: Magney House

Case study of four analysis: Magney House

Nº	SIMPSON LEE HOUSE [S-L]
01	✗ Recyclable materials: steel + concrete / Not recyclable materials: plaster + bricks
02	✗ 6 materials (steel-plaster-bricks-concrete-glass-wood) + isolation
03	✓ No used of toxic materials
04	✗ Brick + cement + plaster partitions -> contaminated materials
05	✓ Finishes: steel->galvanized / concrete-> water sealant
06	✗ The type of material is not identified
07	✗ Diversity in the type of interiors finishes (tiles, painting, plastered)
08	✗ No mechanical joints: cement realized unions
09	✗ Single application due to the exclusive parts -> no interchangeability
10	✓ Modulation: structure [3.80m*4.45m] / cladding height = 2.10m+0.30m (width: 1.90m)
11	✓ Use of common tools for the construction
12	✗ Embedded enclosure in the H metallic columns
13	✗ No accessibility to all the constructive system elements and connections
14	✓ Maximum structure span 6.5m. Elements that allowed a good manipulation
15	✓ We don't know
16	✗ Chemistry unions -> no existence of tolerances for the disassembly
17	✗ Type of connections: screws and chemistry unions
18	✗ Construction process standardized and craft
19	✗ Chemistry unions -> distortion of the materials for the disassembly procedure
20	✗ Impossibility of disassembly in parallel -> chemistry unions and embedded elements
21	✗ Identifiable but unidentified
22	✓ The modulation of the structure is determined by the dimension of the metal profile
23	✗ Conventional solutions (brick and cement) + prefabricated but not standardized
24	✗ Use of materials and components thought for gaining thermal inertia
25	✗ Disassembly points not identified
26	✓ We don't know
27	✓ Highly detailed technical documentation

casas estudiadas. Cuando la información técnica de que disponemos no los permite se responde al principio de forma afirmativa o negativa. Cuando no disponemos de suficiente información o no es de suficiente calidad no se responde.

Casos prácticos

- Caso de estudio 1 (tabla.3)

Tabla.3. Análisis caso de estudio 1: Marie-Short House.

- Caso de estudio 2 (tabla.4)

Tabla.4. Análisis caso de estudio 2: Marika-aldertib House.

- Caso de estudio 3 (tabla.5)

Tabla.5. Análisis caso de estudio 3: Simpson Lee House.

- Caso de estudio 4 (tabla.6)

- Tabla.6. Análisis caso de estudio 4: Magney House.

Resumen de resultados

Los resultados de los casos analizados se recogen en la tabla.7 y los relaciona con los puntos de la tabla.1 'Principios para el desmontaje' de Crowther. Esto permite observar en una misma tabla que puntos se cumplen en los cuatros casos, cuales no se cumplen en ninguno. Es evidente la diferenciación de dos tipos de construcciones en los resultados obtenidos. En unas se cumplen prácticamente todos los puntos ya que los edificios han sido concebidos con el objetivo de reubicación y por tanto desmontabilidad, mientras que en las otras la construcción más convencional y pesada deja de manifiesto que no son edificios para ser descontruidos.

Nº	MARIKA-ALDERTIB HOUSE [M-A]
01	✓ Recyclable materials: steel + wood / Not recycled
02	✓ 2 types of materials: wood + steel
03	✓ No used of toxic materials
04	✓ No used of composed materials -> simple materials in different layers
05	✓ Finishes: wood -> oil / steel -> primed + painted
06	✓ We don't know
07	✓ Repetition of the section type + minimum components for assembly efficiency
08	✓ Mechanical joints screwed and nailed
09	✓ Potential for the interchangeability of the components
10	✓ Modulation: structure [3.15m*4.55m] / cladding height = 2.10m+0.30m
11	✓ Use of common tools for the construction
12	✓ Enclosure independent from the structure, screwed to a fixation substructure
13	✓ Accessibility to all the constructive system elements
14	✓ Assembly is done by 2 operators -> easy operable dimensions
15	✓ We don't know
16	✓ We don't know
17	✓ Minimum screwed points for easy disassembly process + assembly was done in 2 days
18	✓ 2 types of connectors: screws and nails
19	✓ We don't know
20	✓ Possibility of disassembly in parallel due to layers differentiation
21	✗ Identifiable but unidentified
22	✓ Structural frame is determined by the section dimension of the metallic profiles
23	✓ Finished components are carried in 2 containers to the place and are assembled in-situ
24	✓ Light edification + controlled dimensions
25	✗ Viewed located disassembly points but not identified
26	✓ We don't know
27	✓ Highly detailed technical documentation

Nº	MAGNEY HOUSE [M]
01	✗ Recyclable materials: steel + concrete / Not recyclable materials: plaster + bricks
02	✗ 6 materials (steel-plaster-bricks-concrete-glass-ceramic) + isolation
03	✓ No used of toxic materials
04	✗ Brick + cement + plaster partitions -> contaminated materials
05	✓ Finishes: steel-> galvanized
06	✗ The type of material is not identified
07	✗ Diversity in the type of interiors finishes (tiles, painting, plastered)
08	✗ No mechanical joints: cement realized unions + glued interior finishes
09	✗ Single application due to the exclusive parts -> no interchangeability
10	✓ Modulation: structure [5.60m*6.48m] / cladding height = 2.10+0.30m
11	✓ Use of common tools for the construction
12	✗ Embedded enclosure in the structure
13	✗ No accessibility to all the constructive system elements and connections
14	✓ Maximum structure span 6.5m. Elements that allowed a good manipulation
15	✓ We don't know
16	✗ Chemistry unions -> no existence of tolerances for the disassembly
17	✗ Type of connections: screws and chemistry unions
18	✗ Construction process standardized and craft
19	✗ Chemistry unions -> distortion of the materials for the disassembly procedure
20	✗ Impossibility of disassembly in parallel -> chemistry unions and embedded elements
21	✗ Identifiable but unidentified
22	✓ The modulation of the structure is determined by the dimension of the metal profile
23	✗ Conventional solutions (brick and cement) + prefabricated but not standardized
24	✗ Use of materials and components thought for gaining thermal inertia
25	✗ Disassembly points not identified
26	✓ We don't know
27	✓ Highly detailed technical documentation

creating closed material cycles, reduce waste and environmental impact of construction.

- Identify the strengths and weaknesses of this type of construction.

- If an exemplary architecture in the way of understanding the relationship between art and design, is both thought in terms of future use and can be taken as example of Lean architecture.

Each of the principles has been analyzed in the four studied houses. When technical information available allows us, it will be answered affirmatively or negatively. When we do not have enough information or is not of sufficient quality, it won't be answered.

Results

- Case study 1 (table 3)

Table.3. Case analysis of study 1: Marie Short House.

- Case Study 2 (table.4)

Table.4. Case analysis of study 2: Marika-aldertib House.

- Case Study 3 (tabla.5)

Tabla.5. Case analysis of study 3: Simpson Lee House.

- Case Study 4 (tabla.6)

Tabla.6. Case study of four analysis: Magney House.

Summary of results

The results of the case studies are summarized in table.7

Nº	[M-S]	[M-A]	[M]	[S-L]	MATERIALS RECYCLING	COMPONENT REMANUFACTURE	COMPONENT REUSE	BUILDING RELOCATION	CATEGORY
01	√	√	√	√	*	*			MATERIALS
02	√	√	x	x	*	*			
03	√	√	√	√	*	*			
04	√	√	x	x	*	*			
05	√	√	√	√	*	*			
06	x	x	x	x	*	*			
07	√	√	x	x		*	*	*	CONSTRUCTIVE SYSTEM
08	√	√	x	x		*	*	*	
09	√	√	x	x			*	*	
10	√	√	√	√			*	*	
11	√	√	√	√			*	*	EXECUTION
12	√	√	x	x			*	*	
13	√	√	x	x	*	*	*	*	
14	√	√	√	√		*	*	*	
15	-	-	-	-			*	*	
16	√	-	x	x			*	*	
17	√	√	x	x		*	*	*	
18	√	√	x	x		*	*	*	
19	√	-	x	x			*	*	DE-CONSTRUCTION
20	√	√	x	x	*	*	*	*	
21	x	x	x	x		*	*	*	
22	√	√	√	√				*	
23	√	√	x	x			*		GENERAL TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS
24	√	√	x	x	*	*	*	*	
25	x	x	x	x			*	*	
26	-	-	-	-				*	
27	√	√	√	√			*	*	

Tabla 7. Comparación de los resultados de los cuatro casos analizados y su relación con la tabla.7

Four case studies results comparison and Their Relation with table.7

La tabla se ha organizado en 5 puntos que hacen referencia a: materiales, sistema constructivo, ejecución, desconstrucción y características tecnológicas generales. La discusión se centrará en comentar estos 5 apartados.

Discusión

Materiales

La elección de los materiales es el punto de partida para determinar si la construcción es sostenible ya que por mucho que logremos diseñar un sistema de uniones y de desmontaje para recuperarlos, si estos no cumplen con ciertas características de composición, de acabados o de ser reciclable, todo el proceso será en vano. Hay una clara voluntad de utilizar materiales sencillos con pocos acabados, evitando aquellos que contienen elementos tóxicos. Aunque no se utilizan materiales reciclados, gran parte de ellos son reciclables por su composición y por la separabilidad de las uniones. Siempre que el lugar lo permite se usan materiales ligeros, salvo cuando las condiciones del entorno requieren soluciones pesadas para aumentar la inercia térmica.

and relates it with points from table.1 "Principles for disassembly" Crowther. This allows to observe in one table, which points are met in all four cases, and which are not satisfied in any. Clearly differentiating two types of constructions in the results. In some, they practically meet all points since buildings are designed with the aim of relocation and therefore demount ability, while in other more conventional heavy construction it is clear that they are not to be deconstructed.

The table is organized into 5 points that refer to: materials, construction system, execution, and general deconstruction technological features. The discussion will focus on commenting these 5 sections.

Table.7. Four case studies results comparison and Their Relation with table.7.

Discussion

Materials

The choice of materials is the starting point to determine if the building is sustainable because however much we manage to design a system of unions and dismantling to recover the materials, if they do not meet certain

Sistemas constructivos

Mediante la coordinación modular se diseña un sistema abierto de relaciones que facilita la toma de decisiones en el proyecto, simplifica los detalles, los tipos de componentes y se resuelven con juntas mecánicas o con adherencia química según el caso. El módulo utilizado es siempre similar y algunas soluciones se repiten lo que facilita el intercambio de componentes dentro del proyecto pero difícilmente entre las casas. No obstante, la elección del sistema constructivo varía según los requisitos y la elección del material de cada proyecto.

Ejecución

Aunque algunas casas requieren algunos pasos intermedios, la mayoría están diseñadas para ser construidas por dos personas sin ayuda de maquinaria pesada. La lógica constructiva prioriza la separación en sistemas sencillos de componentes practicables con uniones de fácil acceso, la manipulación con herramientas estándar y la reducción al mínimo número y tipo de conectores. No obstante por requerimientos de proyecto, algunos elementos son construidos con sistemas más convencionales. Esto significa uniones químicas que dificultan la separación de los subsistemas y que haya las tolerancias requeridas. La ejecución será directamente dependiente del sistema constructivo utilizado en cada caso.

Deconstrucción

La estandarización de la estructura es común en todos los casos, se busca siempre la eficiencia del material y la prefabricación de los componentes. La capacidad de ser desmontada y transportada depende de la ejecución del sistema constructivo por lo que las casas que están diseñadas pensando en ello desde el principio facilitan su posterior reutilización. En ningún caso hay una clara identificación in situ de los materiales y componentes que conforman las construcciones.

Características tecnológicas generales

Algunas casas presentan soluciones pesadas, pero en conjunto las construcciones son concebidas como una sucesión de capas ligeras que favorece el desmontaje ya sea total o parcial de la obra para mantenimiento o sustitución de algún elemento. El grado de ligereza de los componentes y materiales dependerá de los requerimientos exigidos al sistema constructivo. La prefabricación es elevada en todos los casos aunque no la estandarización. Dos de las casas reducen el trabajo in situ al montaje/desmontaje ya que los componentes llegan a la obra totalmente terminados, mientras que las otras requieren ciertos procesos adicionales. La documentación de proyecto contiene planos técnicos altamente desarrollados con lo que es fácil mantener la información hasta el último detalle.

Conclusión

Para analizar el grado de Dfd de estas construcciones es concluyente la elección del sistema constructivo que responde a los requerimientos del lugar y del clima. La voluntad de conseguir inercia térmica está demasiado ligada a procesos constructivos convencionales basados en el peso y la adherencia química, por lo que la búsqueda de soluciones más ligeras y unidas mecánicamente resolvería muchos de los puntos críticos. La elección del material es uno de los puntos fuertes de esta arquitectura ya que tanto el tipo de acabados como la escasez de materiales distintos favorecen la reutilización y el reciclaje. Sin embargo, cuánto más exhaustiva sea la documentación e identificación de

compositional characteristics or finished characteristics or be recyclable, the whole process will be vain. There is a clear willingness to use simple materials with few finishes avoiding those that contain toxic elements. Although no recycled materials are used, many of them are recyclable by its composition and the possibility of dismantling the joints. Long as it is possible lightweight materials are used except when environmental conditions require heavy solutions to increase the thermal inertia.

Constructive systems

By modular coordinating an open system of relations that facilitates decision-making in the project is designed, simplifies the details, the types of components and resolve with mechanical or chemical bonding together as applicable. The module used is always similar and some solutions are repeated which facilitates the exchange of components within the project but hardly among the houses. However, the choice of the construction system varies according to the requirements and the choice of material for each project.

Execution

Although some homes require some intermediate steps, most are designed to be built by two people without the aid of heavy machinery. Constructive logic prioritizes separation in simple systems of practicable components with joints of easy access, manipulation with standard tools and minimizing the number and type of connectors. However by design requirements, some elements are constructed through more conventional systems. This means, chemical bonds that make the separation of the subsystems harder and has the required tolerances. The implementation will be directly dependent on the construction system used in each case.

Deconstruction

The standardization of the structure is common to all the cases, always looking for material efficiency and prefabrication of components. The ability to be disassembled and transported depends on the performance of the building system so that homes that are designed thinking about it from the beginning, facilitate reuse. In no case there is a clear in situ identification of materials and components that make up the buildings.

General technological features

Some houses have heavy solutions, but overall the buildings are conceived as a series of thin layers that favors disassembly either all or part of the work for maintenance or replacement of any item. The degree of lightness of the components and materials will depend on the requirements demanded by the building system. Prefabrication is high in all cases although not in the standardization. Two of the houses reduce the site work only when mounting/dismounting as the components arrive at the work fully finished, whereas others require some in situ processes. The project documentation contains highly developed technical drawings so it is easy to keep the information up to the last detail.

Conclusion

To analyze the degree of Dfd of these constructions, choice of building system that meets the requirements of the location and climate, is conclusive. The will to get a thermal inertia is too bound to the conventional constructive systems based on the weight and chemical adhesion, so that the search for lighter and mechanically bonded solutions solve many

los materiales, componentes, mayor es su adaptabilidad a futuros ciclos de reutilización, mayor es la valorización que se hace de los distintos componentes y menor es el desperdicio.

La revalorización de los materiales debe tenerse en cuenta desde el principio del proyecto y diseñar los edificios para optimizar las posibilidades que nos ofrece la desconstrucción. Sin embargo, la arquitectura no solo puede ser la concreción de un listado con recomendaciones y su valorización no viene determinada cuanto mayor sea su cumplimiento. Estas casas no parecen diseñadas siguiendo rigurosamente estos principios, sino criterios de sentido común referentes a la racionalización de la construcción y a la optimización de los recursos disponibles.

of the critical points. The choice of material is one of the strengths of this architecture as both, types of finishes or the shortage of different materials encourage reuse and recycling. However, as the documentation gets more exhaustive and more materials are identified, components and details of the project, the greater is its adaptability to future cycles of reuse, the higher is the valuation made of different components and lowers the waste.

The revaluation of the materials must be taken into account from the beginning of the project and design buildings to optimize the possibilities offered by deconstruction. But architecture can not only be the realization of a list of recommendations and is valued not determined by the higher compliance. These houses do not seem designed strictly following these principles but common sense criteria regarding rationalization of the construction and optimization of the available resources.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

- (1) Ambiente MDEM, Rural YM. Boletín oficial del estado. 2015:19893-20016.
- (2) Ambiente M, Nacional P, Aut C, et al. Ntroducción 1.1. 2006.
- (3) Lazarus N. Reclaimed materials. greenspec. Available at: <http://www.greenspec.co.uk/building-design/reclaimed-materials/>. Accessed April 29, 2014.
- (4) Sassi P. Design for recycling vs design for durability. greenspec. Available at: <http://www.greenspec.co.uk/building-design/design-recycling-durability/>. Accessed April 29, 2014.
- (5) Maccarini Vefago LH. El concepto de reciclabilidad aplicado a los materiales de construcción y a los edificios: propuesta de índices para evaluar la reciclabilidad de los sistemas constructivos. 2011:362.
- (6) Campo Lozano R. Reutilización de materiales de construcción. Un paso intermedio necesario. In: Congreso internacional de Rehabilitación y Sostenibilidad. El futuro es posible (R+S=F).; 2010.
- (7) McDonough W, Braungart M. Cradle to cradle : remaking the way we make things. New York :: North Point; 2002.
- (8) González i Barroso JM, Jesús Palau M de, Mañà i Reixach F. Manual de desconstrucció. Barcelona :: Generalitat de Catalunya; 1995.
- (9) Sassi P. Design for dismantling, re-use and recycling. greenspec. Available at: <http://www.greenspec.co.uk/building-design/design-dismantling/>. Accessed April 29, 2014.
- (10) Brand S. How buildings learn : what happens after they're built. New York, [NY] :: Viking; 1994.
- (11) Durmisevic E. Transformable building structures. Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction. (Durmisevic E, ed.). Netherlands; 2006.
- (12) Crowther P. Design for Disassembly - Themes and principles. RAI/BDP Environmen Des Guid. 2005;(August).
- (13) Climent F. Glenn Murcutt : ecologisme i paisatgisme en l'arquitectura. [s.l.] :: Col·legi d'arquitectes de Catalunya
- (14) Fromonot F. Glenn Murcutt : buildings projects 1962-2003. London [etc.] :: Thames; 2003.
- (15) Glenn Murcutt : 1980-2012. Madrid: El Croquis; 2012.
- (16) Murcutt G, Nicholls J. Glenn Murcutt : University of Washington master studios and lectures. Seattle :: University of Washington press; 2009.
- (17) Murcutt G, Flora N, Giardiello P, Postiglione G, Dal Co F. Glenn Murcutt : disegni per otto case. Napoli :: Clean; 1999.

Evolución de las condiciones energéticas en el ensanche de San Sebastián. Zonificación energética

Evolution of energy conditions in San Sebastian's extension.
Energy zoning

Miriam Hernández¹, Olatz Irulegi², Antonio Serra³

ABSTRACT

El análisis de las condiciones energéticas de los edificios existentes es necesario para poder reducir el consumo de energía en el sector de la edificación.

El ensanche de San Sebastián, diseñado por Antonio Cortazar a mediados del siglo XIX y totalmente edificado unas décadas más tarde, ha jugado un papel muy importante en el desarrollo urbano de la ciudad. Durante los aproximadamente 150 años que ha durado el proceso de consolidación del ensanche, se han construido edificios, los cuales se han ido adaptando al estilo arquitectónico y a las normas correspondientes a su época. Es por ello que se supone que el ensanche continuará sufriendo cambios a lo largo de los años para poder adaptarse a las nuevas normativas energéticas. Con este claro objetivo, este trabajo presenta una zonificación energética del ensanche de San Sebastián basado en el estudio y el cálculo de la demanda energética, radiación incidente e iluminación natural de sus edificios y espacios públicos. Este estudio nos ayudará a entender las características energéticas del ensanche para así poder identificar las necesidades y poder determinar acciones de mantenimiento, reforma y construcción de nuevos edificios.

Debido a los cambios que han sufrido los edificios como levantes, renovaciones de fachada, etc., las condiciones energéticas del ensanche se han visto modificadas. Para poder calcular los efectos de estas modificaciones en las condiciones energéticas de los edificios, se ha realizado un análisis comparativo (edificios en su estado original comparados con el estado actual de los mismos). En general, el aumento de altura de los edificios ha supuesto una disminución en los valores de radiación incidente: 15-20% de media a cota de calle y 35% de media en fachadas. Además, la luz natural en el interior de los edificios se ha reducido hasta en un 40% en muchos de los casos lo que implica un aumento en la demanda energética.

Palabras clave: Zonificación energética, eficiencia energética en edificios históricos, indicadores de radiación incidente

(1) Architect, T: 696606204, E: mirilan@hotmail.com (2) PhD Architect, Lecturer in Architecture Faculty-EHU/UPV, T: 943017115,

E: o.irulegi@ehu.es (3) PhD Engineer, Researcher in Architecture Faculty-EHU/UPV, E: aserra@alecop.es

Introducción

Para poder cumplir con el objetivo de reducir considerablemente el consumo energético en la edificación, es necesario estudiar la evolución de las condiciones energéticas de nuestras ciudades, en relación a las condiciones de confort de las mismas.

Es del todo conocido, que los efectos del medioambiente influyen directamente en el desarrollo de la actividad física y mental del ser humano (Olgay, 2006), mejorando la misma cuando la climatología del lugar en que habita oscila entre unos valores determinados (exigencias de confort).

Numerosos estudios están enfocados en la importancia de los elementos de control solar como reguladores de la incidencia de la radiación solar en los edificios (Santamouris, 2007), y otros analizan la relación de estos elementos con la demanda energética, calidad del aire interior y confort visual en el interior de los edificios, en función de de las necesidades del espacio y uso de sus ocupantes (Nielsen et al., 2013).

Se hace necesario el desarrollo de distintos métodos que permitan presentar en forma de indicadores la demanda de energía necesaria en edificios existentes, para poder superar los defectos del factor de forma de los mismos (Granadeiro, et al., 2013).

Hay varios aspectos a tener en cuenta. En primer lugar, la evolución en las condiciones energéticas de las ciudades existentes, en función de la transformación de los edificios que las componen. El estudio de esta evolución es muy importante como premisa para poder obtener soluciones a la hora de realizar mejoras en los edificios existentes o en la integración de nuevos edificios. Por último, la presentación de los datos obtenidos de forma que cualquier agente implicado en el proceso urbanístico puede acceder a ellos.

Objetivo

El objetivo de este artículo es estudiar la evolución de las condiciones energéticas del Ensanche de Donostia-San Sebastián (Ensanche Cortázar). A lo largo del Siglo XX, los edificios del ensanche han sufrido modificaciones para adaptarse al modo de vida de sus habitantes. Entre las más destacadas se encuentran las operaciones de levante, las cuales han influido considerablemente en el deterioro de su sistema constructivo original, así como en las condiciones de confort tanto de los edificios como de los espacios urbanos.

Es necesario encontrar una herramienta que pueda evaluar el consumo energético de los edificios relacionado con las características de los espacios públicos. Varios estudios usan el certificado de eficiencia energética junto a GIS para analizar la distribución de los índices de eficiencia energética medioambiental y poder representarlo de forma gráfica. (Fabbri et al. 2012).

Para desarrollar este trabajo se han estudiado los aspectos relacionados con el confort térmico y lumínico de los residentes del ensanche, incidiendo en el uso racional de los recursos energéticos en la edificación y el urbanismo. Así mismo, se han definido las bases para elaborar un método que permita realizar la zonificación energética del ensanche de San Sebastián, y poder extrapolarlo a ensanches pertenecientes a otras ciudades.

En primer lugar, se analizan las condiciones del ensanche al completo, en el año 1916 en que se completan prácticamente la totalidad de las manzanas. Después se

Introduction

To achieve the goal of significantly reducing buildings energy consumption, is necessary to study the evolution of the energy conditions of our cities, in relation to their comfort conditions. It's known that environment's effects influence the development of physical and mental human activity (Olgay, 2006). This activity improves when the weather of the place where people lives is between certain values (comfort requirements).

Numerous studies are focused on the importance of solar control elements as regulators of incidence of solar radiation in buildings (Santamouris, 2007). Others analyze the relationship between these elements and the energy demand, indoor quality air and visual comfort inside buildings, function of the needs of space and use of its occupants (Nielsen et al., 2011).

It is necessary the development of different methods which create indicators of energy demand in existing buildings, to overcome their faults of the form factor (Granadeiro et al., 2013).

There are several important aspects to consider. Firstly, the evolution of existing cities energy conditions in relation to their buildings transformation. Then, the analysis of this evolution is important as a premise to obtain solutions to improve existing buildings or to integrate new ones. Finally, it is necessary to represent the obtained data so that any planning agent can access them.

Objective

The objective of this paper is to study the evolution of energy conditions of San Sebastian's extension (Cortazar's extension). Along the 20th century, extension's buildings suffered several changes to be adapted to the way of live of its habitants. The most important actions are building elevations, which have considerably influenced in the deterioration of its original construction system and in the comfort conditions of buildings and urban spaces too.

It is necessary to find an evaluation tool for building energy consumption related to public spaces characteristics. Several studies use energy performance certificate in addition to GIS, to analyze the distribution of environmental energy performance indexes and the related cartographic representation (Fabbri et al. 2012).

In our case, aspects related to thermal and lighting comfort of extension's habitants are studied, stressing on the rational use of energy resources in buildings and planning. Also, some bases are defined to make a method which allows to achieve San Sebastian's extension energy zoning and to extrapolate this method to other extensions.

Firstly, the extension conditions at 1916 are studied. Along this year, nearly all plats were built up. Then, the extension energy conditions at 2011 are analyzed. For making a comparison, it is used the software Autodesk Ecotect Analysis 2011 (Fig. 1).

It is made a simulation of Cortazar's extension like figure 1, to study how the energy behaviour of urban spaces is influenced by buildings elevations. This software analyzes the solar incident radiation on the building envelope. It is also analyzed cast shadows along a determined time period and it can measure natural lighting into indoor spaces. In other cases, Ecotect can be used to give consideration to ecological energy-saving methods in the early design stage (Yang et al. 2014).

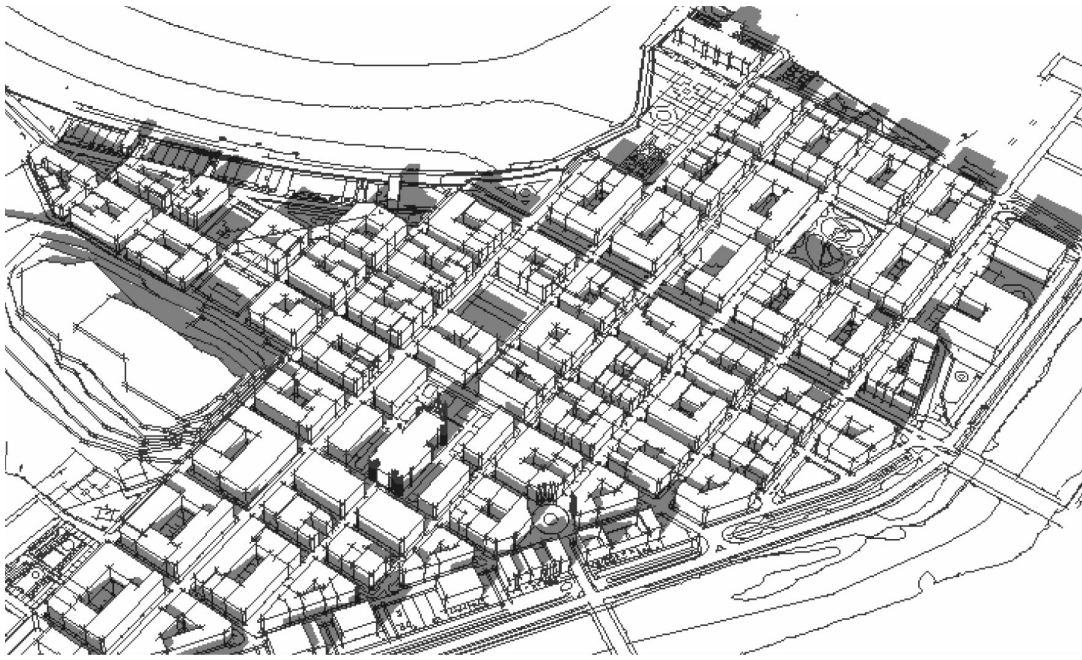


Fig. 1. Ensanche de San Sebastián (invierno 1916). Ecotect. Miriam Hernández 2013.

San Sebastian's extension (winter 1916). Ecotect. Miriam Hernández 2013.

analizan las condiciones energéticas del ensanche en el año 2011. Para poder realizar una comparativa se utiliza la herramienta Autodesk Ecotect Analysis 2011. (Fig. 1)

Se realiza una simulación del Ensanche Cortázar tal como aparece en la figura 1, y se estudian las condiciones energéticas de los espacios urbanos que se ven influidos por los levantes a los que han sido sometidos diferentes edificios. Este programa analiza la incidencia de la radiación solar sobre la envolvente del edificio, así como permite realizar un estudio de las sombras arrojadas durante un período de tiempo determinado, o posibilita la medición de la iluminación natural en espacios interiores. En otros casos, Ecotect puede usarse para dar respuestas a ciertos métodos ecológicos de ahorro energético en las primeras etapas de diseño (Yang et al. 2014).

Desde su origen, el ensanche ha ido evolucionando, debido a que los edificios han sufrido modificaciones para adaptarse a los nuevos tiempos. Esta evolución se prevé que continúe en el tiempo, por lo que será necesario adaptar, tanto los espacios urbanos como los edificios que los conforman, a las nuevas directrices energéticas.

El ensanche de San Sebastián

San Sebastián, situada en la costa norte de la península ibérica limitada por el mar Cantábrico, era una ciudad amurallada cuya muralla data del siglo XII. La mejora de las carreteras de acceso, el acercamiento del ferrocarril y la ampliación del puerto, fueron las bases para el desarrollo de la actividad comercial de la ciudad. El gran aumento de habitantes así como la necesidad de alojar ciertas instalaciones movieron a la población a pedir el derribo de las murallas, que aislaban la ciudad.

Es en el año 1862, tras varias modificaciones, que la ciudad cuenta con el proyecto del ensanche realizado por el arquitecto Antonio Cortázar. La muralla de la ciudad fue derribada y es en 1865 que comienza la construcción del ensanche. La totalidad del ensanche de Cortázar que aparece en la imagen de la figura 2, ocupa aproximadamente 70 hectáreas y sus calles tienen entre 10,00 y 15,00 metros de ancho, excepto la avenida principal que tiene 35,00m de ancho. (Fig. 2)

Las primeras edificaciones tenían carácter neoclásico y es

The extension has evolved from its origin, due to buildings have been altered to suit to new times. It is expected that this evolution continues in time so it would be necessary that buildings and public spaces meet the new energy standards.

San Sebastian's extension

San Sebastian is situated in the north coast of Spain and it's limited by the Cantabrico sea. It was a walled city from the 12th century. The access roads improvement, the approach of the train and the port expansion were bases for the development of commercial activity of the city. The growth of habitant's number made them to ask for the demolition of the walls which isolated the city.

The city got the San Sebastian's extension project in 1862 which was made by the architect Antonio Cortazar. The city's wall was knocked down and in 1865 started the extension construction. The extension, which appears in figure 2, occupies about 70 hectares and streets are between 10.00 and 15.00m width, except the principal avenue which is 35.00m width. (Fig. 2)

First buildings were neoclassic style and at the beginning of the 20th century the modernist style came into the city. In 1916, nearly all plats had been built up. The construction system of the extension buildings was basically based on wood structures and masonry perimeter walls. At the beginning of 20th century, the concrete was introduced into the buildings construction system.

Due to the new extension planning was necessary to make new buildings regulations. Regulations evolved along the time modifying buildings height depending on streets width. 1916 regulations presented most important changes which allowed first elevations. Most of buildings were down floor + 4 floors + under roof (DF+4+UR) followed by DF+5+UR and DF+3+UR. From 1916 elevations were usual in the extension including attics. Most important elevation was down floor + 5 floors + attic (DF+5+AT) followed by buildings which were elevated to get seven floors and finally buildings which were elevated until five floors. In table 1 are represented most important percentages of buildings original heights and higher percentage of elevations.

Fig. 2. Vista aérea de San Sebastián. Google 2013.

San Sebastian air view. Google 2013.



Table 1. Original buildings height and usual elevations in San Sebastian's extension.

a principios del siglo XX que el estilo modernista entra en la ciudad. Ya en el año 1916 prácticamente todas las parcelas estaban construidas. Estas edificaciones presentaban un sistema constructivo basado, principalmente en estructuras interiores de madera y muros perimetrales de mampostería, y es a principios del siglo XX que se introdujo el hormigón en el sistema constructivo de los edificios.

Con motivo de la aprobación del nuevo plan del ensanche se vio la necesidad de elaborar nuevas ordenanzas de la edificación, las cuales trataban de regular la capacidad edificatoria en manzanas y solares limitando la altura máxima de los edificios en función del ancho de sus calles. Estas ordenanzas fueron evolucionando con el paso del tiempo variando la altura máxima de los edificios en función del ancho de la calle en que se sitúan, siendo las ordenanzas del año 1916 las que presentan modificaciones más relevantes. A partir de este año se advierten los primeros levantes en el ensanche, partiendo de que la mayoría de los edificios contaban con planta baja + 4 plantas + bajo cubierta (PB+4+BC), seguidos de los que tenían (PB+5+BC) y el tercer perfil más común los que disponían de (PB+3+BC). A partir de este momento, comienza a ser usual el levante en el ensanche, permitiendo incluso, apoyados por el cambio de las Normas Edificatorias, los áticos retranqueados de fachada. Los levantes más usuales eran planta baja + 5 plantas + ático (PB+5+AT) seguido de los edificios que se elevaban hasta conseguir 7 plantas y por último los que llegaban hasta las 5 plantas. En la tabla 1 se representan los porcentajes más importantes de alturas originales de edificios y mayores porcentajes de levantes.

Tabla 1. Altura original de los edificios y levantes más usuales en el ensanche de San Sebastián

Grado	Altura original de edificios	Levantes en edificios
1° Grado	PB+4+BC (71.10%)	PB+5+AT (56.30%)
2° Grado	PB+5+BC (19.60%)	7 plantas (23.50%)
3° Grado	PB+3+BC (9.30%)	5 plantas (23.50%)

Degrees	Buildings original height	Buildings elevations
1° Degree	DF+4+UR (71.10%)	DF+5+AT (56.30%)
2° Degree	DF+5+UR (19.60%)	7 floors (23.50%)
3° Degree	DF+3+UR (9.30%)	5 floors (23.50%)

Confort parameters

One of the starting points of this study is to determine San Sebastian's extension comfort parameters, which affect to their habitants comfort sensation.

Environmental comfort: Air temperature, relative humidity, air velocity, radiant temperature, solar radiation and noise level.

Building comfort: building features, adaptability to space, visual and auditory contact.

It's necessary to take actions to ensure the suitable difference of temperature between the human body and the outside environment to get the wished comfort degree. To obtain thermal comfort parameters it is used Ashrae Standard 55-2004. This comfort model is based on dry bulb temperature, clothing level, metabolic temperature, air velocity, humidity and mean radiant temperature. Values are obtained for the city of San Sebastian with Climate Consultant software. In this way, certain passive strategies are decided to get the maximum comfort level as possible. In San Sebastian predominates a moderate but so rainy climate. It is called a moderate humid climate without dried season or Atlantic climate.

According to ISO 7730 and UNE EN-27730 standards, the necessary values to get comfort in winter are between 20-24° centigrade of temperature, 0.14m/s of air velocity and 45% of relative humidity. In summer, the temperature must be between 23-26° centigrade, air velocity must be under 0.25m/s and maximum relative humidity of 65%.

Parámetros de confort

Como uno de los puntos de partida para la realización de este estudio es necesario determinar los parámetros de confort del ensanche de San Sebastián.

Confort ambiental: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del aire, temperatura radiante, radiación solar y nivel de ruido.

Confort en los edificios: características de la edificación, adaptabilidad al espacio, contacto visual y auditivo.

Se hace necesario adoptar medidas para que la diferencia de temperatura entre el cuerpo del ser humano y el ambiente exterior sea la adecuada para alcanzar el grado de confort deseado.

Para obtener los parámetros de confort térmico se ha usado Ashrae Standard 55-2004, el cual se basa en temperatura de bulbo seco, nivel de ropa, actividad metabólica, velocidad del aire, humedad y temperatura media radiante. Para ello tomaremos los valores obtenidos mediante el programa Climate Consultan para la ciudad de San Sebastián, de forma que podamos además determinar ciertas estrategias pasivas para conseguir el máximo nivel de confort posible.

En San Sebastián predomina un clima moderado en cuanto a temperaturas pero muy lluvioso, denominado clima templado húmedo sin estación seca o clima atlántico.

Según la Norma ISO 7730 y la UNE EN-27730, los valores necesarios para conseguir el confort en la temporada de Invierno se encuentran entre 20-24°C de temperatura, 0.14m/s de velocidad del viento y 45% de humedad relativa. Para los meses de verano la temperatura debe oscilar entre 23-26°C, la velocidad del viento no debe superar los 0.25m/s y una humedad relativa máxima del 65%.

De acuerdo a los valores obtenidos para la ciudad de San Sebastián, solo algunos días de los meses comprendidos entre mayo y octubre, la temperatura puede encontrarse en valores de confort, debido a que la media de temperaturas es muy baja y la humedad relativa muy alta.

La carta psicométrica ofrece información sobre el porcentaje de confort obtenido y sobre las estrategias de diseño necesarias para obtener un confort total. De la carta de San Sebastián representada en la figura 3, se analiza que hay un período corto de confort debido a la corta radiación solar y las bajas temperaturas durante casi todo el año. Otras estrategias de diseño importantes son ganancias de calor interno, calefacción y ganancia solar directa pasiva. (Fig. 3)

Análisis de los datos obtenidos

En este caso, para procesar los datos obtenidos se han necesitado varias premisas. El estudio se realiza sobre la mitad del área total del ensanche (35 hectáreas), señalado en la figura 4, correspondiente a las primeras parcelas edificadas. (Fig. 4)

Se analizan las fachadas de los edificios residenciales y se excluyen de este análisis las fachadas de los edificios situados en los bordes exteriores del ensanche. Este análisis se realiza en los meses de invierno porque es cuando se hace más necesario la radiación solar incidente para obtener el confort, tal como se muestra en la anterior carta psicométrica.

El esquema de trabajo consiste, en primer lugar, en estudiar las condiciones energéticas de los primeros edificios del ensanche. Para ello, se obtienen los valores de radiación

According to obtained dates for the city of San Sebastian, just some days between May and October are in comfort values, because of low average temperatures range and high relative humidity.

The psychometric chart offers information about the percentage of comfort obtained and about necessary design strategies for getting total comfort. From San Sebastian's chart represented in figure 3, it is analyzed that there is a short comfort period because of the short solar radiation and low temperatures during nearly all year. Most important design strategies are internal heat gain, heating and passive solar direct gain. (Fig. 3)

Analyzing data

In this case, to proceed with the data collection several premises are needed. The study is made about the middle of the extension (35 hectares), marked on figure 4, corresponding to first built plots. (Fig. 4)

Residential building façades are analyzed and building façades located on the outer edge of the extension are excluded. This analysis is made for winter season because is when the incident solar radiation is more necessary to get comfort as shown in the previous psychometric chart.

The scheme of work is, first, to study the energy behaviour of first extension's buildings. Thereby, values of incident solar radiation in façades are obtained in two different periods: 1916 and 2013 represented in figure 5. (Fig. 5)

Average daily values for winter months are gotten in Wh/m² and the difference between two stages is analyzed. In figure 6 is represented the study of façade of number 1 at Bengoetxea street in 1916 and in 2013. (Fig. 6)

Both buildings have considerably changed along the time. Using Ecotect is obtained a value of incident solar radiation for that façade in both years. As conclusion, along nearly a century, that building façade has lost about 78.00% of solar incident radiation which means a higher energy demand.

Also, incident radiation values at street level are obtained to assess the evolution in public spaces like streets, squares, etc., like appears in figure 7. (Fig. 7)

All those values are analyzed to check that in most of analyzed façades is registered a radiation loss due to the transformation of street sections because of buildings elevations, along 20th century.

To quantify gotten values some indicators are created which represent different categories. Each category represents the percentage of solar incident radiation lost along the time (Table 2).

A: lost of solar radiation less than 25%.

B: lost of solar radiation between 25-50%.

C: lost of solar radiation between 50-75%.

D: lost of solar radiation more than 75%.

E: façades or public spaces which have not suffered lost of solar incident radiation.

Classification	A	B	C	D	E	Total
Analyzed façades	66 29.86%	74 33.48%	36 16.29%	20 9.06%	25 11.31%	221 100%
Public spaces	15 83.33%	0 0%	0 0%	0 0%	3 16.67%	18 100%

Table 2. Building façades and public spaces classification.

Fig. 3. Carta psicrométrica de San Sebastián. Climate Consultant. Miriam Hernández 2013.

San Sebastian's psychometric chart. Climate Consultant. Miriam Hernández 2013.

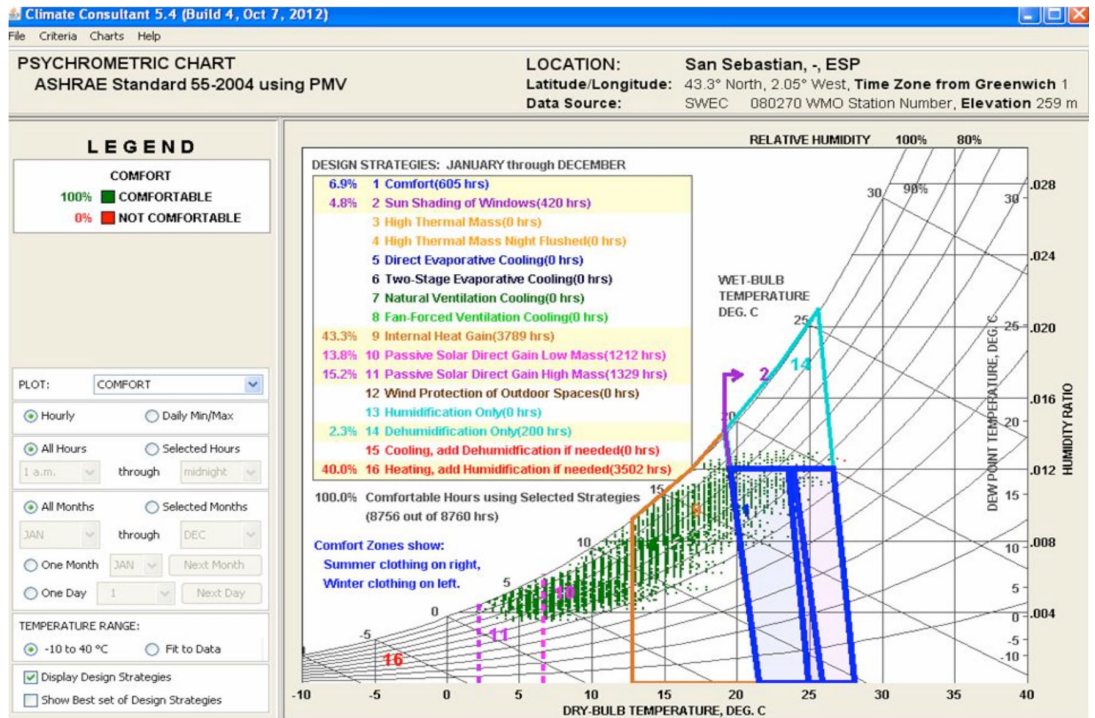


Fig. 4. Ensanche de San Sebastián. Área analizada. Ecotect. Miriam Hernández 2013.

San Sebastian's extension. Analyzed area. Ecotect. Miriam Hernández 2013.



solar incidente en fachada en dos períodos diferentes: 1916 y 2013 representados en la figura 5. (Fig. 5)

Se obtienen los valores medios diarios para los meses de invierno en Wh/m² y se analiza la diferencia entre los dos períodos de tiempo. En la figura 6 se representa el estudio de la fachada del edificio situado en el número 1 de la calle Bengoetxea en 1916 y en 2013. (Fig.6)

Este edificio y el situado en el lado opuesto de la calle han sufrido cambios considerables a lo largo de los años. Usando Ecotect se obtiene un valor de radiación solar incidente para esta fachada en ambos años. Como conclusión, a lo largo de casi un siglo, la fachada de ese edificio ha perdido sobre un 78.00% de radiación solar incidente lo que significa un aumento de la demanda energética.

Además, se obtienen los valores de radiación incidente a

We can deduce that, 88.70% of all studied façades have suffered any lost of radiation. Also, 88.33% of analyzed public spaces have lost incident radiation. We can conclude that the mayor part of the extension suffers a diminution of solar incident radiation between 25-50%, but the average value of loss radiation in façade is 39.57%. The average value of lost of radiation for public spaces is 15%.

At last, these obtained values are represented on an energy zoning map like figure 8. Results are analyzed to get some conclusions related to the comfort characteristics of San Sebastian's extension, which directly depend on climate conditions. (Fig. 8)

Conclusion

In conclusion, it is necessary to emphasize the importance

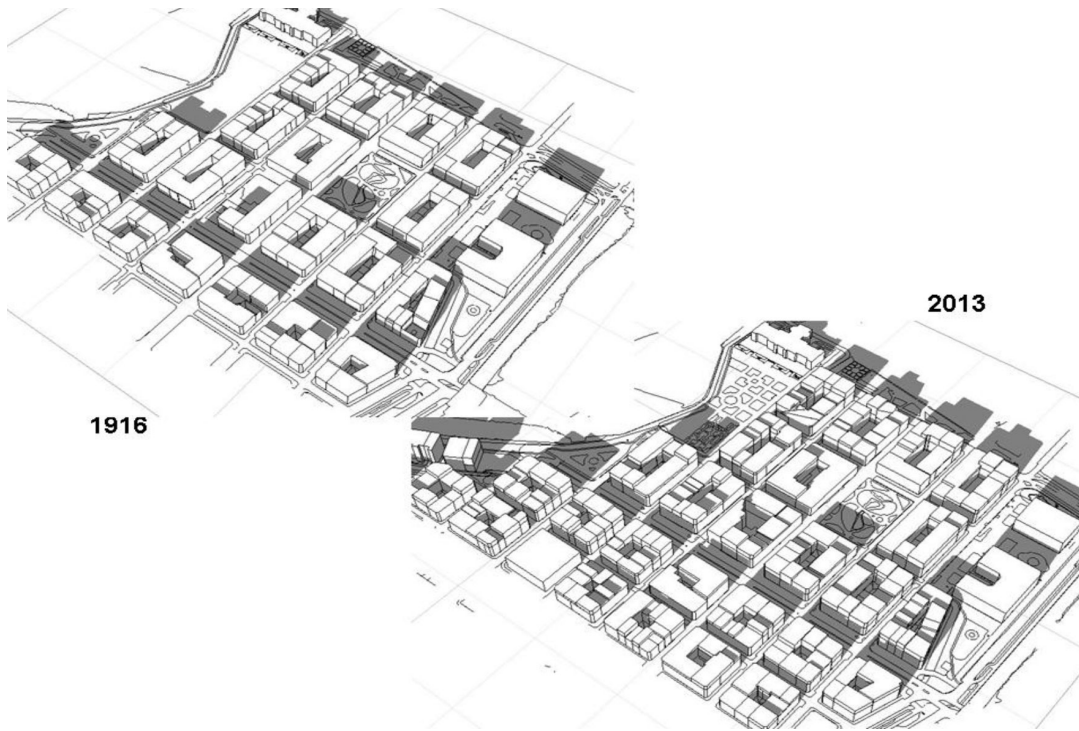


Fig. 5. DComparativa de sombras arrojadas en el ensanche de San Sebastián en una mañana de invierno. Ecotect. Miriam Hernández 2013.

Comparative of cast shadows in San Sebastian's extension in winter morning. Ecotect. Miriam Hernández 2013.

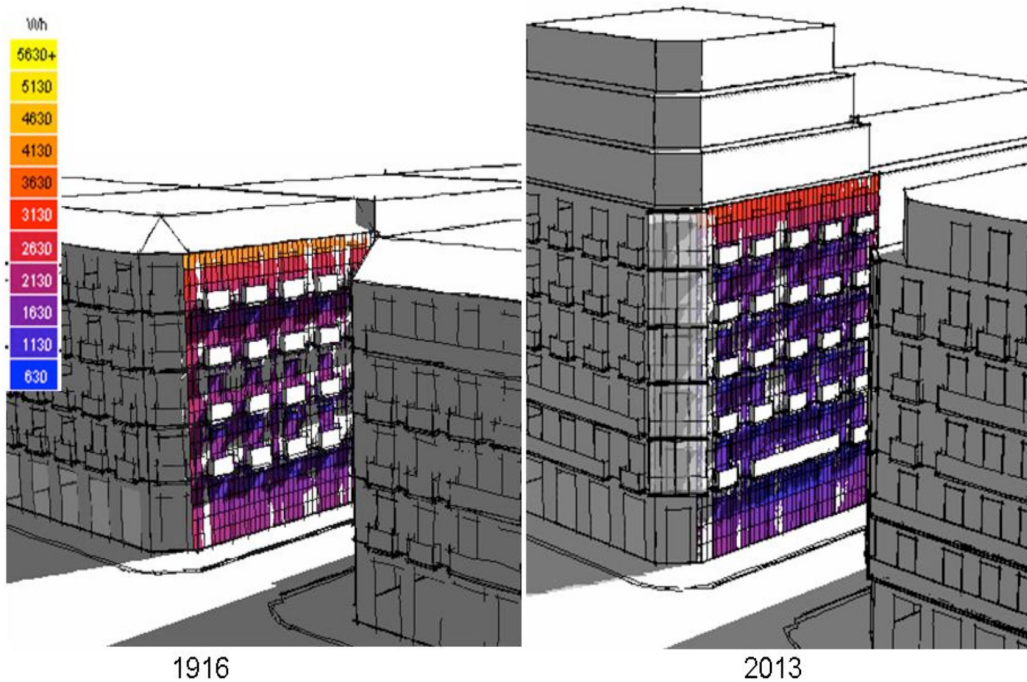


Fig. 6. Valor medio de radiación solar incidente para los meses de invierno. Ecotect. Miriam Hernández 2013.

Average value of solar incident radiation in façade for winter months. Ecotect. Miriam Hernández 2013.

cota de calle para estudiar la evolución de los espacios públicos como calles, plazas, etc., tal como se plasma en la figura 7. (Fig. 7)

Todos los valores son analizados para comprobar que, en la mayoría de las fachadas analizadas se registra una pérdida de radiación debida a la transformación de las secciones de las calles por los levantes de los edificios, a lo largo del siglo XX.

Para cuantificar los valores obtenidos se han creado algunos indicadores los cuales representan diferentes categorías. Cada categoría representa el porcentaje de radiación solar incidente perdido a lo largo del tiempo (Tabla 2).

A: pérdida de radiación solar hasta 25%.

of studying energy conditions of cities and of existing buildings, relating environmental conditions of public spaces with indoor building spaces. In this particular case, changes due to buildings elevations are analyzed. These changes directly affect to the extension habitants quality of life because assume a considerably diminution of solar incident radiation in façade and a diminution of quality of natural lighting inside buildings. For San Sebastian's climate, obtained results suppose a higher buildings energy demand. In other hand, public spaces are affected by this lost of solar radiation too. This has repercussions on thermal conditions of streets, squares and therefore on the quality of life of San Sebastian's citizens.

Software like Ecotect is so useful to understand the energy performance of cities at time to refurbish existing buildings

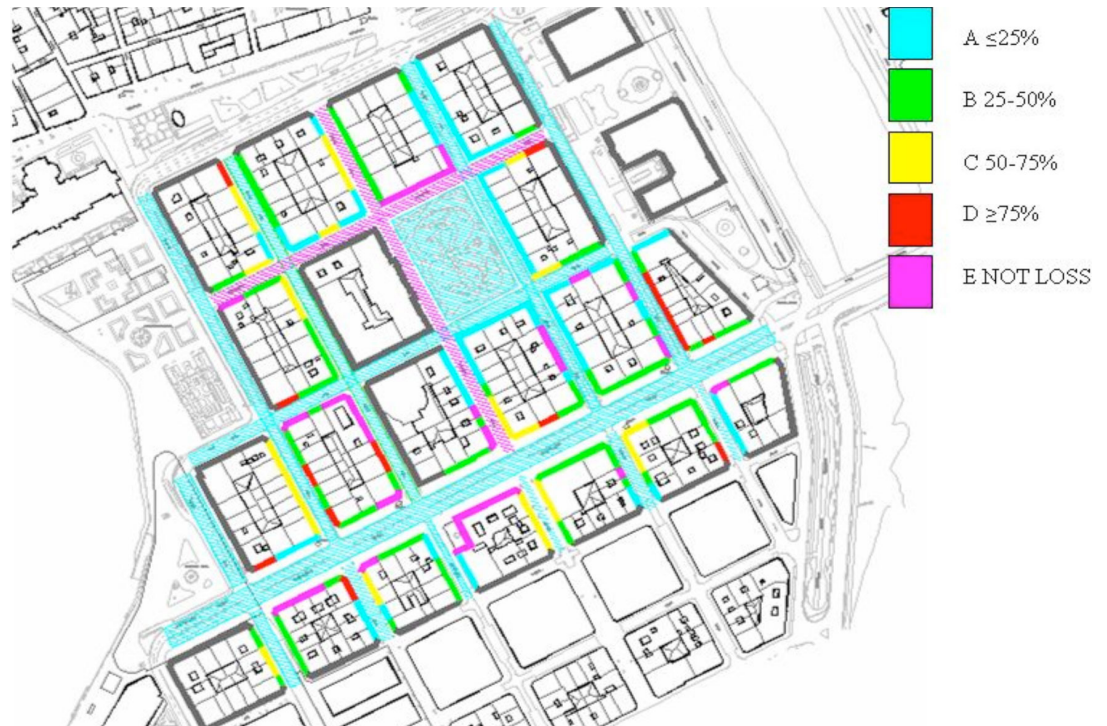
Fig. 7. Valor medio de radiación solar incidente a cota de calle para los meses de invierno. Ecotect. Miriam Hernández 2013.

Average value of solar incident radiation at street level for winter months. Ecotect. Miriam Hernández 2013.



Fig. 8. Zonificación energética del ensanche de San Sebastián. Miriam Hernández 2013.

Energy zoning of San Sebastian's extension. Miriam Hernández 2013.



B: pérdida de radiación solar entre 25-50%.

C: pérdida de radiación solar entre 50-75%.

D: pérdida de radiación solar mayor de 75%.

E: fachadas o espacios públicos que no han sufrido pérdida de radiación solar incidente.

or to introduce new buildings. This software has allowed us to analyze the variation of solar incident radiation in San Sebastian's extension along the 20th century. We can show that more than 80% of analyzed buildings have lost solar incident radiation in façade and we can quantify it (40% on average). The energy zoning allows reporting obtained data so we can understand the energy evolution of San Sebastian's extension. We must difference between several parameters like building orientation, street width, etc., because all these parameters directly influence in obtained values.

Tabla 2. Clasificación de fachadas y espacios públicos analiz.

Clasificación	A	B	C	D	E	Total
Fachadas analizadas	66 29.86%	74 33.48%	36 16.29%	20 9.06%	25 11.31%	221 100%
Espacios públicos	15 83.33%	0 0%	0 0%	0 0%	3 16.67%	18 100%

Podemos deducir que el 88.70% de las fachadas estudiadas han sufrido alguna pérdida de radiación. Además, el 88.33% de los espacios públicos analizados han perdido radiación incidente. Podemos concluir que la mayor parte del ensanche sufre una disminución de radiación solar incidente de entre 25-50%, pero el valor medio de pérdida de radiación en fachada es de 39.57%, y el valor medio de pérdida de radiación en espacios públicos es del 15%.

Para finalizar, estos valores obtenidos se representan en un mapa de zonificación energética que se presenta en la figura 8. Los resultados son analizados para obtener algunas conclusiones relacionadas con las características de confort del ensanche de San Sebastián, las cuales dependen directamente de las condiciones climatológicas. (Fig. 8)

Conclusiones

Como conclusión, es necesario hacer énfasis en la importancia del estudio de las condiciones energéticas de las ciudades y de los edificios existentes, relacionando condiciones ambientales de los espacios urbanos con los espacios interiores de los edificios. En este caso en particular, se han analizado los cambios debidos a los levantamientos realizados en los edificios. Estos cambios afectan directamente a la calidad de vida de los habitantes del ensanche porque suponen una disminución considerable de radiación solar incidente en fachada y una disminución de la calidad de iluminación natural en el interior de los edificios. Para el clima de San Sebastián, los resultados obtenidos suponen un aumento de la demanda energética de los edificios. De otra parte, los espacios públicos están afectados por esta pérdida de radiación solar también. Esto repercute en las condiciones térmicas de las calles, plazas y además en la calidad de vida de los ciudadanos de San Sebastián.

Software como Ecotect son necesarios para entender las condiciones energéticas de las ciudades a la hora de reformar los edificios existentes o introducir edificios nuevos. Este software nos ha permitido analizar la variación de radiación solar incidente en el ensanche de San Sebastián a lo largo del siglo XX. Podemos mostrar que más del 80% de los edificios analizados han perdido radiación solar incidente en fachada y podemos cuantificarlo (40% de media). La zonificación energética nos permite mostrar los datos obtenidos para poder entender la evolución energética del ensanche de San Sebastián. Debemos diferenciar entre varios parámetros como orientación de los edificios, ancho de calles, etc., ya que éstos influyen directamente en los valores obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

- Fabbri, K., Zuppiroli, M. & Ambrogio, K. 2012. Heritage buildings and energy performance: Mapping with GIS tools. *Energy and Buildings* 48: 137-145.
- Granadeiro, V., Correia, J.R., Leal, V.M.S. & Duarte, J.P. 2013. Envelope-Related Energy Demand: A design indicator of energy performance for residential buildings in early design stages. *Energy and Buildings* 61 (6): 215-223.
- Nielsen, M.V., Svendsen, S. & Jensen, L.B. 2011. Quantifying the potential of automated dynamic solar shading in office buildings through integrated simulations on energy and daylight. *Solar Energy* 85 (5): 757-768.
- Olgay, V. 2006. *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Ed. Gustavo Gili.
- Santamouris, M. 2007. *Advantage in Passive Cooling*. Ed. Santamouris, M.
- Yang, L., He, B.J. & Ye, M. 2014. Application research of ECOTECT in residential estate planning. *Energy and Buildings* 72: 195-202.

La concentración de recursos energéticos en islas de paisaje a través del estudio de organismos microscópicos

The energy concentration resources in landscape islands through the analysis of microscopic organisms

Cristina Jorge Camacho¹

RESUMEN

La idea de isla de paisaje corresponde a un laboratorio real de empleo de recursos equilibrados (agua, saneamiento, materia orgánica y electricidad) que eliminen la pobreza del suelo. Se emplea el modelo práctico de la dehesa extremeña donde se forman archipiélagos de islas de encinas, olivos o alcornoques que favorecen el crecimiento de forma concéntrica de las especies vegetales y animales porque bajo su copa surgen microclimas que ayudan a regular los parámetros termodinámicos ($T_{max}=44,8C/ T_{Min}=-7,2C/ V_{Max}=153/ 463mm/año /HR\ anual=66\%$). Se produce una agrupación de elementos diversos en poco terreno donde los términos "encima" y "debajo" son tan importantes como detrás, al lado y enfrente trabajando proyectos urbanísticos en 3d en vez de 2d, como una traducción paisajística del rascacielos urbano con actividades que se realizan a la intemperie. Al mismo tiempo se anula el otro empleo de las islas como lugares de exclusión, las islas consideradas como ghettos o espacios desconectados y se eliminan mediante la biodiversidad vegetal, animal y humana y sobre todo por la presencia de la meteorología que a través de la brisa, el viento transporta nuevas especies de un lugar a otro y establece ciclos hídricos. Del mismo modo las intervenciones artificiales pueden construir un nuevo suelo fértil entre las islas para lograr que en estaciones lluviosas dicho suelo permita el crecimiento espontáneo de especies silvestres cuyo tapiz forme continentes entre las islas, como injertos de proyectos que aprovechan los efectos cambiantes del tiempo- horario y atmosférico- apoyándose en unos datos geográficos concretos. El proyecto Dehesa Paisaje en Caja Badajoz muestra estos temas de investigación a través de los siguientes campos de actividad: el diseño del parque urbano y parque de estacionamiento públicos conectados con el paseo fluvial, de los jardines semipúblicos del zócalo cultural incorporando actividades en cinco patios y de la cubierta ecológica privada vinculada a una torre del oficinas. Las fases del proyecto de paisajismo abarcan el análisis, el diseño y el mantenimiento del parque, los jardines y la cubierta ecológica centradas en los factores escalares: la escala normal de los seres vivos (humanos, animales, plantas y máquinas), la escala micro de los organismos unicelulares y la escala macro de los fenómenos termodinámicos. Siguiendo algunos de los objetivos principales del modelo Lean, la materia puede ser analizada según tres parámetros: calidad, desperdicios y tiempo. Surgen varias cuestiones: ¿Deben ser endógenas, exógenas o ambas las especies que mejoran la calidad el suelo? ¿Qué se entiende por desperdicios en los proyectos de paisaje cuando los residuos son el resultado de suelos anteriormente explotados y ahora abandonados como recintos de transición con posibilidades futuras y las denominadas malas hierbas representan la posibilidad de ampliar la diversidad de especies? o ¿Cómo se concretan los plazos de entrega en obras que construyen con seres vivos y cuyas fases de crecimiento son vitales? Robert Le Ricolais comenta que paralelo a la vida surge el problema del crecimiento, y hasta el momento el hombre no ha sido capaz de fabricar máquinas que crezcan.

Palabras clave: Paisajismo, biología, recursos energéticos, islas, termodinámica

Key words: Landscaping, biology, energy resources, islands, thermodynamics

(1) Arquitecta, PAD, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, Escuela de Arquitectura, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.
E: cristina.jorge@uah.es

Introducción

Las islas de paisaje revelan la posibilidad de un uso equilibrado de recursos, proporcionando el agua, el drenaje, la electricidad y los minerales necesarios para asegurar el crecimiento, como modelos experimentales de laboratorio; eliminan la pobreza del suelo. Junto a este tratamiento artificial, la pobreza del suelo ofrece una genuina riqueza biológica, ya sea a través del viento o de la acción de los insectos como enlaces cruciales de la cadena ecológica. Formas geométricas como círculos, óvalo y elipses actúan como nodos de las líneas de infraestructura que convergen y acumulan actividades. El diseño geométrico inicial se verá afectado por el impacto de un clima extremo en verano y en invierno y por las variaciones entre el día y la noche; lejos de imponer un orden geométrico a la naturaleza, este diseño es temporal y cambiante. Algunas de estas configuraciones geométricas son, por ejemplo, los círculos concéntricos creados en la arena por los cangrejos después de una marea alta en las playas de Bali, Indonesia o las charcas circulares de las ranas. Los paisajes son dinámicos como resultado de un proceso físico (tal como la erosión y la sedimentación) o de un proceso biológico (como el crecimiento, la floración o la caída de las hojas). Igualmente, son relevantes la llegada de las plantas silvestres, el cruce dinámico y espontáneo de especies vegetales y el papel que juegan los insectos en estos procesos. El proyecto Dehesa Paisaje en Caja Badajoz muestra estos temas de investigación a través de los siguientes campos de actividad:

- El diseño del parque urbano y parque de estacionamiento públicos conectados con el paseo fluvial
- El diseño de los jardines semipúblicos del zócalo cultural incorporando actividades en cinco patios
- El diseño de la cubierta ecológica privada vinculada a la torre del oficinas

Las fases del proyecto de paisajismo abarcan el análisis, el diseño y el mantenimiento del parque, los jardines y la cubierta ecológica centradas en los factores escalares: la escala normal de los seres vivos (humanos, animales, plantas y máquinas), la escala micro de los organismos unicelulares (protozoos, bacterias y diatomeas) y la escala macro de los fenómenos termodinámicos (temperatura, viento, humedad relativa y pluviometría). Al mismo tiempo, algunas áreas se dejan sin un uso detallado, adoptando un predimensionado de posibles necesidades; son de acceso libre para personas de todas las edades que las emplean como diversión. Algunos de estos usos no previstos inicialmente son: skaters en las plazas adoquinadas, niños que emplean los caminos de grava de separación entre plantaciones como senderos o motoristas que usan los muros inclinados de gaviones como plataforma de lanzamiento para saltos. Son usos salvajes que devuelven la intervención a su origen silvestre. Siguiendo algunos de los objetos principales del modelo Lean, la materia puede ser analizada según tres parámetros: calidad, desperdicios y tiempo.

La calidad de los materiales

¿Deben ser endógenos o exógenos los materiales que mejoran la calidad del suelo? El proyecto de Dehesa Paisaje Caja de Badajoz puede ser leído como un paisaje trinario en el cual aparece primero en contacto con la ciudad el paisaje sombreado del ecosistema monte, a continuación los claro-oscuros alternativos que proporciona el ecosistema de la dehesa hasta aproximarse al río donde un paisaje luminoso y claro que anuncia el ecosistema de ribera.

Introduction

Islands of landscape reveal the possibility of using balanced resources, which consist of the proper qualities and proportions of water, drainage, minerals and electricity, need to maintain growth, such as state-of-art laboratory; they provide the option of erasing the poor soil quality. Besides this laboratory, soil poverty goes hand by hand with genuine biological riches, whether by wind or by insect as a crucial link in the ecological chain. Geometric forms includes circles, ovoids and straight lines such as nodes where lines of infrastructure converge and where activities concentrate. The original part geometry will be affected by the impacts of extreme weather events and the time of day and night; so far away of the desire to impose order such as geometry in nature which is rare, and usually temporary. For example, concentric circles are created by sand crabs after high tide on the beaches of Bali, Indonesia or by circular frog ponds. Landscapes are dynamics like the result of physical processes (such as erosion and sedimentation) and of biological processes (involving growth, blossoming and decay). It is significant the arrival of volunteer plants and the remarkably dynamic way in which plant species intercross and the role of insects and animals in such developments. Dehesa landscape project is shown for illustrative purpose and the programme has the following fields of activities:

- The open space design in the rural park and in the urban car park connected with the riverbank
- The garden design in the semi-public cultural base through five courtyards of different uses
- The green roof design related to private open space for an office tower




The landscape project deals with the analysis, design and management of park, gardens and green roof; research focusses on analysing the normal scale (humans, animals, plants, machines), micro scale (unicellular beings) and macro scale (thermodynamics parameters). At the same time, some areas are to lay out with a minimum of detailed spaces for activities, and do not offer anything, but necessary conditions; they are freely accessible for people of various ages who use them for fun. Some of these unexpected uses are: skaters in pavements areas, children in the gravel stripes between sand areas or motorbikes climbing sloping garrison walls. They are wild activities linked to previous wild wasteland. Following the main objectives of lean thinking, the notion of material can be summarized by three parameters: quality, waste and time.

The quality of materials

Should the raw materials that improve soil quality be endogenous or exogenous? Dehesa landscape project can be read as a trinary landscape in which shade of shrub land, light of river bank and twilight of meadow land share the territory more or less equally. Islands such as a cool spots inside hot areas are spreaded. In other disciplines, some economic variables are determined by models, while others are usually assumed to be determined by factors outside of the model. The former is called endogenous variables and the latter exogenous variables. The analysis how distance and area combine to regulate the balance between the endogenous and exogeneous species (1).

Endogeneous material

Endogenous islands. The materials are holm oak, olives and cork trees, aromatics plants and acorns. The "landscape

<p>The open-space design in rural park and urban car park (construction phase)</p> 	
<p>The gardens design inside semi-public cultural base (construction phase)</p> 	
<p>The green-roof design next to private open space (construction phase)</p> 	

Las islas se extienden por el terreno como puntos de refrigeración dentro de áreas cálidas. En otras disciplinas, algunas variables económicas son determinadas mediante modelos, mientras otras son asumidas habitualmente procedentes de factores externos al modelo. Los modelos son considerados variables endógenas y los factores externos, exógenas. El análisis ve cómo la distancia y el área combinados regulan el balance entre las especies endógenas y exógenas (1).

Materiales endógenos

Las islas endógenas. Los materiales son encinas, alcornoques y olivos, plantas aromáticas, bellotas, aceitunas, y corcho, así como redes de goteo autocompensado y puntos de iluminación. Los "rascacielos de paisaje" trabajan mediante capas verticales las cuales concentran recursos en vez de extenderse a través de superficies horizontales. De hecho, lo que contemplamos no es sino un archipiélago de islas de árboles exentos dentro de círculos de especies arbustivas y herbáceas. Son puntos aislados que concentran recursos energéticos como paisaje de supervivencia para humanos, animales y plantas. Endogénesis hace referencia a las células receptoras de la cadena de ADN, generalmente en los organismos procariontes, los cuales son organismos que no tiene separación de núcleo por membrana. Las islas de paisaje así como los edificios de gran altura ahora ven sus esfuerzos centrados en optimizar los esfuerzos energéticos, reduciendo las transferencias térmicas superficiales y potenciando procesos centralizados que unifican los transportes de

skyscrapers" works with vertical layers which concentrate resources instead of spreading them on horizontal surfaces. Indeed, what we contemplate is an archipelago of islands of isolated trees put among scrubs and pastures. Isolates spots concentrate their energy resources such as survival landscape for humans, animals and plants. Endogenety refers to the recipient of DNA, usually in prokaryotes, which are organisms without a cell nucleus or any other membrane-bound organelles. Likely, in islands landscape such as in super-tall buildings, which historically have focused on structural challenges (resisting gravity and lateral forces from seismic and wind), the rules have changed, and energy has become the defining parameter, because of tall buildings alleviate infrastructure and transportation energy losses by consolidating commune routes, reducing thermal transfer surfaces and encouraging central development with mass transit options like islands. The geometric patterns in the landscape design, like circles, ovals and ellipses, pay a lot attention to the survival form of the Dehesa land in the western part of Spain where trees have big canopies and under their shadows many other plants and animals can live because of low temperature and high humidity in contrast with outside where sun's heat does not allow grass can grow.

Exogenous material

Exogenous continents. The materials are humus-rich earth, sand and gravel among stripes of gawion walls. Due to the proximity of the banks and the windy weather, many seeds comes from the river Guadiana and that is the reason

Fig. 1. Fase de construcción. Paisaje Dehesa Caja Badajoz, 2011. Proyecto de Arquitectura: Estudio Lamela. Proyecto de Paisajismo: Cristina Jorge
Construction phase. Dehesa landscape Caja Badajoz, 2011. Architectural project: Estudio Lamela, Landscape project: Cjc Paisaje.

Fig. 2. Plano de Plantaciones. Dehesa Paisaje Caja de Badajoz, 2011. Proyecto de arquitectura: Estudio Lamela. Proyecto de paisajismo: Cristina Jorge.

Plantation plane. Dehesa Landscape Caja Badajoz, 2011. Architectural project: Estudio Lamela, Landscape project: Cjc Paisaje.

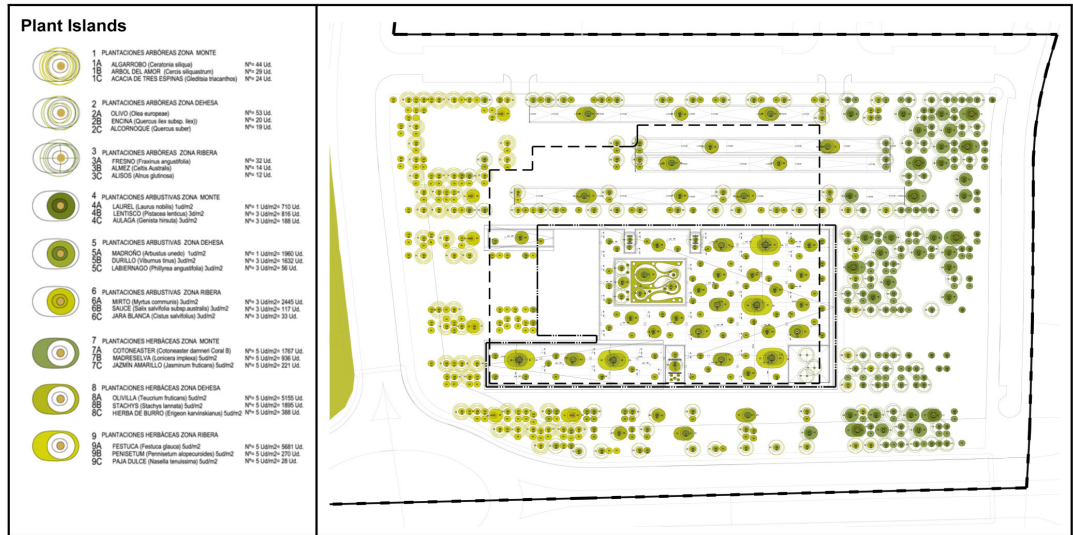
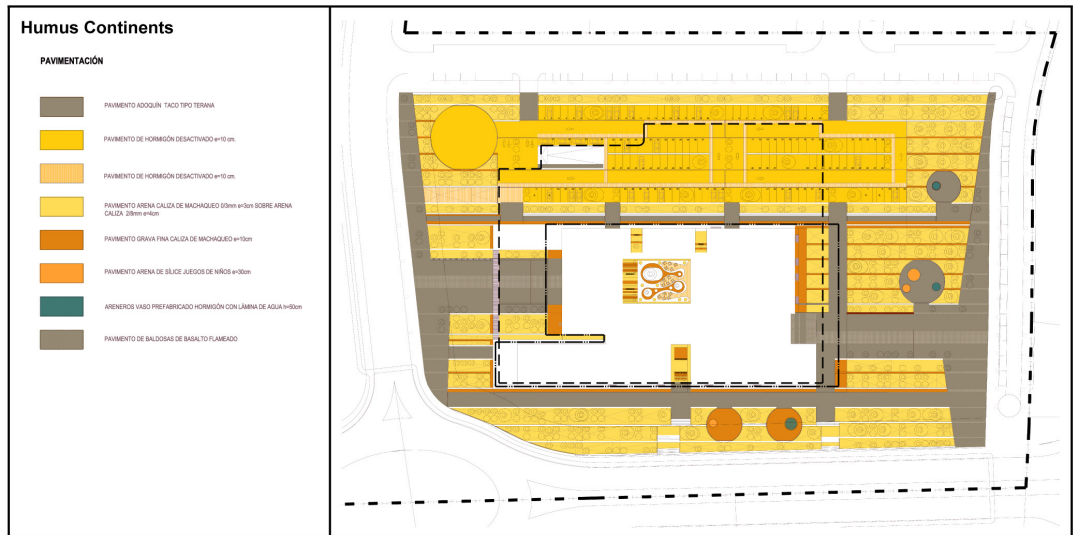


Fig. 3. Plano de pavimentos. Dehesa Paisaje Caja de Badajoz, 2011. Proyecto de Arquitectura: Estudio Lamela. Plano de Paisajismo: Cristina Jorge.

Pavement plane. Dehesa Landscape Caja Badajoz, 2011. Architectural project: Estudio Lamela, Landscape project: Cjc Paisaje.



redes. Los patrones en el diseño paisajístico, como los círculos, los óvalos o las elipses, prestan gran atención a las formas geométricas que proporcionan la supervivencia de los árboles en la dehesa extremeña del oeste de España, donde los árboles desarrollan grandes copas bajo cuya sombra otras especies vegetales y animales pueden vivir gracias a la concentración de humedad y al descenso de las temperaturas que se crean en esos microclimas.

Materiales exógenos

Los continentes exógenos. Los materiales son tierra vegetal enriquecida y tierra caliza machacada entre bandas de grava y de muros de gaviones. Dada la proximidad a la ribera del río Guadiana y al tiempo ventoso, muchas semillas son transportadas por el aire y es ésta la razón por la cual debajo de las capas de tierra caliza machacada en el proyecto hay tierra vegetal enriquecida y no sólo en las islas de vegetación. La geometría inicial que establece esta separación entre áreas verdes y áreas de tierra cambiará y convertirá las masas aisladas de las islas en amplios continentes verdes en determinadas estaciones y condiciones climatológicas, de esta forma la geometría final del proyecto será tan compleja e impredecible como el paisaje rural que le sirve de referencia. La intención del proyecto es similar a la que motivó el plan especial de desmontar toneladas de arena en el desierto para dejar zonas deprimidas que a continuación se llenaron de agua para que las algas pudieran vivir y proporcionar

why there are layers of humus-rich earth underneath the entire unpaved ground and not only under green areas. The initial geometry of islands will change into great continents depending on the wind and the final configuration will be as complex and unpredictable as original rural landscape. The intention is similar to the plan of removing tons of sand from desert areas which will leave depressions to be filled with water, where algae can be grown to provide sustainable sources of energy. As well as to erase the notion of ghettos or micro-nations which are externally alienated and internally homogenized extraterritorial enclaves, spaces of legal void or strategic implants (2). This mainly concerns those regions in the world which are and will remain remote from central energy supplies, or are thinly populated, or are islands that cannot for economical reasons be connected to an electricity supply. In the project, the process is reversed because of the islands are owned of energy supplies (water, drainage, minerals and electricity). Exogenous means something derived or developed from outside the body; originating externally. Ectosymbiosis or symbiosis in which the symbiont lives on the body of the host. Eukaryotes are organisms whose cells are organized into complex structures by internal membranes and cytoskeleton and the most characteristic membrane bound structure is the nucleus.

Normal scale

Humans, animals, plants and machines. Scale is in

nuevas fuentes de recursos energéticos. Igualmente es importante eliminar los conceptos negativos de ghetto. Esta condición afecta a aquellas regiones del mundo que están y permanecerán lejos de las fuentes de suministro energético, o están muy poco pobladas o no pueden estar conectadas a las redes de suministro por razones económicas (2). Por ello, en el proyecto el proceso es inverso son los continentes los que dependen de las islas, porque ellas son las propietarias del suministro constante de agua y electricidad, mientras el resto del terreno de tierra caliza machacada depende de las condiciones climatológicas. Las células eucariotas son organismos cuyas células están organizadas en complejas estructuras de membranas internas con citoesqueleto y núcleo.

Escala normal

Humanos, animales, plantas y máquinas. Es la escala vinculada a la búsqueda de la diversidad tal y como sucede en las matemáticas fractales donde la complejidad geométrica exhibe la propiedad de la autosimilitud. La dehesa cubre el 45% del área forestal de Extremadura o el total de 1,429,958 ha y está concentrada en la parte central y sureste de la región.

La vegetación de ribera

Es una aproximación a las dinámicas de las especies riparias. Las raíces de los árboles y los arbustos riparios intentan retener los bancos de vegetación de ribera en el lugar, previniendo de la erosión, atrapando sedimentos y contaminación y manteniendo el agua del río limpia. Los sauces estabilizan la zona de ribera y la vegetación arbustiva proporciona hábitat a muchas especies animales terrestres tales como pájaros y lagartijas que buscan cobijo, comida y agua y mantiene la temperatura del agua alejada de las altas temperaturas del aire en verano. En las islas, las cubiertas de hojas, ramas y cortezas proporcionan un colchón de protección que retiene la humedad y la sombra,

relation with the research of sense of diversity such as in mathematic fractals are any of class of complex geometric shapes that commonly exhibit the property of self-similarity and a self-similar object in one whose component parts resemble the whole. Dehesa covers 45% of the forested area in Extremadura or a total of 1,429,958 ha and it is concentrated in the Central and Southern part of the region.

The riverbank

It is an approach to the riparian vegetation dynamics. The roots of riparian trees and shrubs help hold stream banks in place, preventing erosion and they also traps sediments and pollutants, helping keep the water clean. Willows were introduced to help stabilized the banks of eroding creeks: as well as they provide shade and shelter for many animals and this shade helps to stabilize water temperature. Moreover, riparian vegetation provides habitat for many land dwelling creatures such as birds and lizards to find shelter, food and water and it shields river from summer temperatures extremes. The cover of leaves and branches brings wellcome shade, ensuring that the stream temperature remains cooler in the summer and moderate in the winter (+44C/-7°C in Badajoz).

The meadowland

It is a field where the agricultural and animal production area conditions the surroundings. Apart from the perpetual meadows, they are often conceived of as artificial or cultural habitats, since they have emerged from and continually require human intervention to persist and flourish, but they are really semi-cultural habitats because of the actions of intensive but invisible grazing by grasshopper and other insects in normal weather conditions. In summertime they are converted in desert meadow restricted by low precipitation or lack of nutrients and humus; while, in springtime, they often host a multitud of wild life, providing areas for courtship displays, nesting, gathering food or

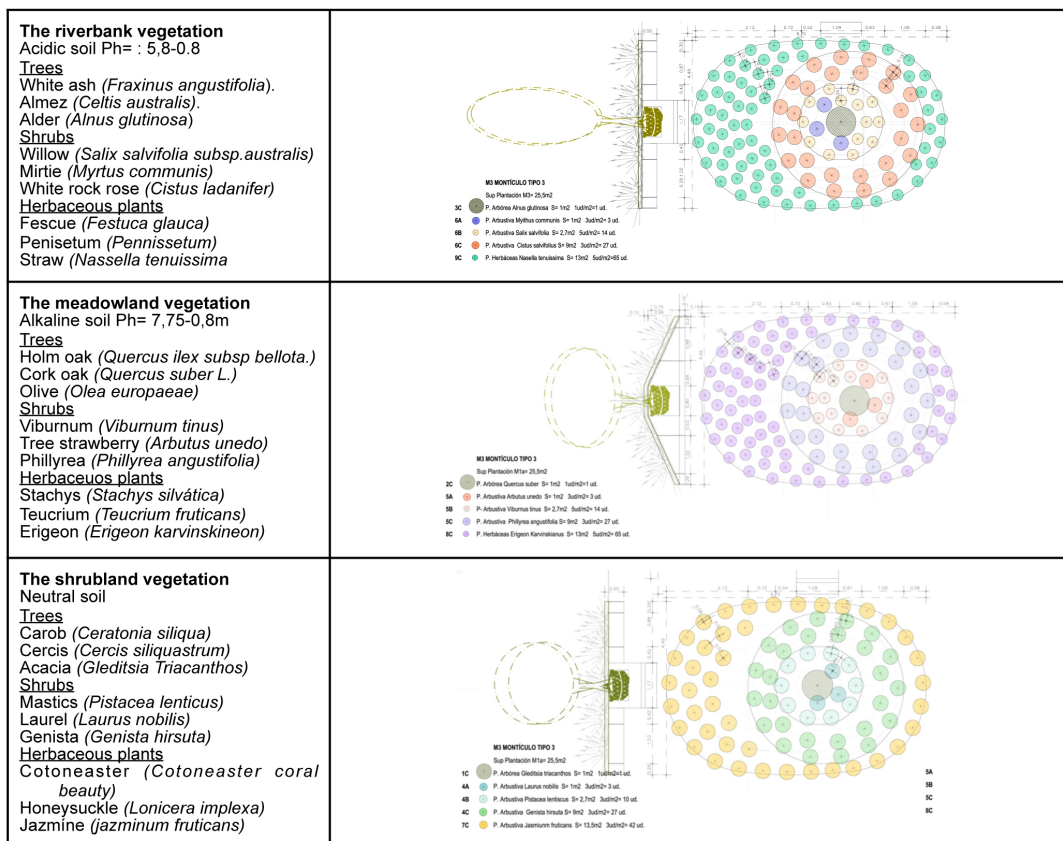


Fig. 4. Plano de microclimas. Dehesa Paisaje Caja de Badajoz, 2011. Proyecto de Arquitectura: Estudio Lamela. Proyecto de Paisajismo: Cristina Jorge
Micro-climates plane. Dehesa Landscape Caja Badajoz, 2011. Architectural project: Estudio Lamela, Landscape project: Cjc Paisaje.

asegurando que el terreno retenga temperaturas bajas en verano y asegure temperaturas cálidas en invierno, frente a las temperaturas extremas en el aire (+44°C/-7°C in Badajoz).

La vegetación de dehesa

Es el campo donde las condiciones agrícolas y ganaderas condicionan el entorno. Salvo las praderas permanentes; el resto aparecen como resultado de actividades artificiales y culturales, ya que emergen y requieren continuamente intervenciones humanas para persistir y poder florecer de un año a otro, pero las praderas de la dehesa también son realmente resultado de actividades semi-artificiales o semi-culturales como las provocadas por la acción intensiva pero constante de los saltamontes, lagartijas e insectos. Durante el verano, las praderas se convierten en recintos secos debido a las bajas precipitaciones o a la pérdida de nutrientes naturales y humus; mientras, en primavera proporcionan áreas de exhibiciones de cortejo, creación de nidos, recolección de alimentos y cobijo para animales superiores si la vegetación arbustiva es lo suficientemente alta. En cambio, las praderas agrícolas que remplazan los campos formalmente cultivados cambian muy poco de año en año.

La vegetación de monte

Es la topografía urbana formada por la densidad de arbustos. Siguiendo los matorrales que se forman en los desiertos, éstos están caracterizados por plantas con adaptaciones al clima seco, las cuales incluyen pequeñas hojas con pérdida de agua limitada, espinas para protegerse de los animales pequeños y tallos y hojas suculentas, órganos de almacenamiento de agua y largas raíces para alcanzar los nutrientes del terreno o de las cubiertas intensivas y extensivas. Las especies de monte generalmente muestran un amplio rango de adaptación al fuego, tal como la producción de semillas, los lignotubos o la germinación inducida por el incendio. Conectado con la endogénesis y la exogénesis, los reguladores de crecimiento de las plantas (PGRs) son componentes orgánicos, que modifican el proceso fisiológico de las mismas. Son componentes naturales y artificiales que alteran la función, la forma y el tamaño de crecimiento de las plantas.

El desperdicio de los materiales

¿Cuál sería la definición de desperdicio de los materiales si vinculamos este concepto a lo salvaje entendido como preservación del mundo? ¿Pueden ser las malas hierbas en paisajismo la traducción de los desperdicios de los materiales en construcción? Gilles Clément identifica tres clases de espacios con potencial para permitir que la biodiversidad continúe y se desarrolle: *délaissés* o espacios de transición -formalmente explotados como terrenos agrícolas, industriales, urbanos o turísticos-; *réserves* o espacios sin explotación- un lugar nunca explotado, ya sea por cambio o porque físicamente es inaccesible- y *ensembles primaires* o espacios naturales protegidos-tierra o espacio dejado de lado o protegido por decreto administrativo (3). No hace distinción entre las buenas y las malas hierbas; la mezcla está determinada por el proceso biológico que define su aparición y su aspecto. Con el uso de materias primas que al final retornan a la madre tierra, el concepto "libre de desperdicios" está ahora resuelto, donde las plantaciones se agrupan en montículos de tierra similares a los conjuntos de células que actúan como filtros dentro del sistema inmunológico.

sometimes sheltering if the vegetation is high enough. Spring meadows support a wide array of wildflowers, which makes them of utmost importance to insects like bees, pollinatio, and hence the entire ecosystem. By contrast, the agricultural meadow that replaced the formerly cultivated field changes little from year to year.

The shrubland

It is an urban topography with density of scrubs and small forest. Following the desert shrublands, they are characterized by plants with adaptations to the dry climate, which include small leaves to limit water loss, thorns to protect them from grazing animals, succulent leaves or stems, storage organs to store water, and long taproots to reach ground or green roof water. Shrubland species generally show a wide range of adaptation to fire, such as heavy seed production, lignotubers and fire induce germination. Connected with endogeny and exogeny, the plant growth regulators (PGRs) are organic compounds, other than nutrients, that modify plant physiological process. They are natural and synthetic compounds that alter function, shape and size of crop plants and are used to modify characteristics in contaminated soil.

The waste materials

What does the definition of waste mean in relation to wildness if this concept means the preservation of the world? Does bad weed translate the definition of waste into landscape projects? Gilles Clément identifies three kinds of spaces which he believes have the potential to allow our biodiversity to continue to develop: *délaissés* or transitional spaces -formerly exploited as agricultural, industrial, urban or touristical space and it is synonymous with the notion of untended or fallow land-, *réserves* or undeveloped spaces -a place never exploited, whether by change, or because physically inaccessibility makes it too costly to develop-, and *ensembles primaires* or officially preserved natural places -land or space set aside and protected by administrative degree (3). He makes no distinction between "good" and "bad" weeds; their intermingling is determined by a biological process that define their position and their appearance. With the usage of raw materials that in the end return to mother earth, the concept of "waste free" was actually realized, where plantations are grouped into clumps of earth such as small groups of immune cells that acts as filters for the lymphatic systems.

Micro scale

Microorganism. The microscopic scale is the scale of the objects smaller than those which can be easily seen without aid. In physics, the microscopic scale is sometimes considered the scale between the macroscale and the quantum regime.

Protozoa

Eukaryote reference: Protozoa are usually single-celled and heterotrophic eukaryotes containing non-filamentous structures that belong to any of the major lineages of protist. Cilia have their body ovoid to elongate, an uniformly ciliated. Many protozoan species are symbiots, some are parasites, and some are predators of faeces bacteria and algae. Exogenous means something derived or developed from outside the body; originating externally. Ectosymbiosis is symbiosis in which the symbiont lives on the body of the host.

Bacteria. Prokaryote reference. Bacteria constitute a large domain of prokaryotic microorganism and have a number

<p>Protozoa</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cytoplasm: food captation > energetic absorption 2. Food vacuoles: food digestion > energy transformation: electricity 3. Retractable vacuoles: remove water and waste > CO2 emission – water vapour 4. Macro-nucleus (a): nutrition- Micro-nucleus(b): sexuality > power stations 5. Trycocist: protection > generators 6. Cilia: mobility > electrical transmission towers 	
<p>Bacteriae</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Glycocálix: storage food and remove waste > Local access network 2. Cell wall: Rigid layer of sustances pass > Backbone 3. Plasma membrane: exchange layer > Personal network 4. Nucleoide: DNA circular double layer > DNS-Server 5. Plasmid: Bacterial DNA vector > Public IP Address 6. Ribosome: production of all proteins > Hub port 7. Flagella: celular motor structure > Coaxial cables/Optic fiber 8. Pili: transferring genetic material > Modem/ Router/ Hub 	
<p>Diatoms</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valves 2. Hypovalves 3. Lipid droplets 	

Fig. 5. Microorganismos. BELLMAN / HAUSMANN/ JANKE/ SCHNEIDER, 1994: Invertebrados y organismos unicelulares, Ediciones Blume, Barcelona.

Microorganisms. BELLMAN / HAUSMANN/ JANKE/ SCHNEIDER, 1994: Invertebrados y organismos unicelulares, Ediciones Blume, Barcelona.

Micro-escala

Microorganismos. La escala microscópica es la escala de los objetos menores que no pueden ser vistos sin ayuda. En física, la escala microscópica está situada entre la macroescala y la escala cuántica.

Protozoos

Referencia eucariota. Los protozoos son organismos microscópicos unicelulares eucariotas con un núcleo único heterotrópico conteniendo estructuras no filamentosas que pertenecen a la familia de los protistas. Muchas especies de protozoos son simbioses, algunos parásitos y depredadores de algas y desechos de bacterias. Exógeno significa algo derivado o desarrollado fuera del cuerpo; ectosimbiosis es un proceso que tiene lugar en el simbiote que vive dentro del cuerpo del invitado.

Bacterias

Referencia procarionta. Las bacterias constituyen un gran dominio dentro de los microorganismos procariontas y adquieren un gran número de formas, que van desde esferas hasta barras y espirales, carecen de núcleo celular o de cualquier separación de órganos mediante membranas. Viven relaciones simbioses y parasitarias con plantas y animales y tienen un par de milímetros de longitud. Las bacterias proporcionan los nutrientes necesarios para mantener la vida convirtiendo los materiales disueltos tales como sulfuro de hidrógeno o metano en energía. Las bacterias magnetotácticas producen sus propias partículas magnéticas en cadenas, en vez de actuar de forma individual como en las células eucariotas.

of shapes, ranging from spheres to rods and spirals, without a cell nucleus or any other membrane-bound organelles. They also live in symbiotic and parasitic relationships with plants and animals and have a few micrometres in length. Bacteria provide the nutrients needed to sustain life by converting dissolved compound such as hydrogen sulphide and methane to energy. Magnetotactic bacteria produce their magnetic particles in chains, where prokaryote genes are also expressed in groups, known as operons, instead of individually as in eukaryotes.

Diatoms

Algae Eukaryote reference. Diatoms are unicellular and can exist as colonies in the shape of ribbons or filaments such as *Fragilaria crotonensis*, fans, zigzags or stars. They are producers within the food chain and are enclosed within a cell wall made of silica (hydrated silicon dioxide) called a frustule. Their cells are contained within a unique silica cell wall comprising two separate valves (or shells). One of the valve is slightly larger - the hypotheca- than the other -the epitheca- allowing one valve to fit inside the edge of the other. Diatoms communities are a tool for monitoring environmental conditions, past and present, and are commonly used in studies of water quality and in researches in nanotechnology.

In reference to this biological wildness, Peter Sloterdijk offers a reflection on humanism as the effort to tame the human beast. Consequently, he proposes the creation of an "ontological constitution" that would incorporate all beings (humans, animals, plants and machines) (4). It is a description of the self-domestication of humans. Indeed, by suggesting that one could even go as far as to define

Diatomeas. Referencia eucariota. Las diatomeas son unicelulares y pueden existir en colonias con diferentes formas tales como abanicos, zigzags, estrellas o bien, filamentosos como la especie *Fragilaria crotonensis*. Son productores en la cadena alimenticia y aparecen encerrados en una pared celular de silíceo (dióxido de silíceo hidratado) llamado frústula. Sus células contienen una pared celular de silicio que comprimen dos valvas o conchas separadas. Una de las valvas, llamada hipoteca, es ligeramente más larga que la otra, denominada epiteca, fijándose a uno de sus bordes. Las comunidades de diatomeas son una herramienta para monitorizar las condiciones medioambientales y las investigaciones relacionadas con la nanotecnología.

En relación con este mundo biológico salvaje, Peter Sloterdijk ofrece una reflexión sobre el humanismo como el esfuerzo por domar la bestia en el hombre. Consecuentemente, propone la creación de una constitución ontológica que podría incorporar a todos los seres vivos (humanos, animales, plantas y máquinas) (4). Es la descripción de la auto-domesticación de los humanos. De hecho, sugiere que incluso la definición del hombre como una criatura que ha fallado en su intento de seguir siendo animal. Dentro de esta pérdida del lado salvaje, el término desperdicio puede ser definido como un fragmento de terreno abandonado, pero al mismo tiempo, ellos pueden ser el último refugio para la biodiversidad de la tierra y ello inevitablemente afecta a algunos espacios desperdiciados a la espera de un nuevo uso. Ya no serán más un lugar de basura y residuos sino la reserva fuente de recursos para el futuro. Estas "tierras desperdicio" pueden ser: campos de barbecho, arcenes o cunetas, turberas y pantanos.

El tiempo de entrega de los materiales

¿Cómo se pueden definir los plazos de entrega de los materiales cuando éstos son seres vivos en crecimiento continuo? ¿Cómo se pueden establecer esos tiempos de entrega si cada ser vivo tiene la capacidad de transformarse, ya sea por elección o por necesidad, durante el curso de su vida, y éstos cambios pasan a la siguiente generación? Estos procesos fundamentales -dispersión, invasión, competición, adaptación o extinción- se encuentran entre los más difíciles de estudiar y comprender en biología (5).

Robert Le Ricolais comenta que junto a la vida aparece el problema del crecimiento, y hasta ahora el hombre no ha sido capaz de construir máquinas capaces de crecer (6). Por otra parte, habla del principio del automorfismo como una especie de ensamblaje de formas geométricas que van una dentro de otra, repitiéndose a sí mismas. Algunos microorganismos como los radiolarios son piezas de trabajo altamente elaboradas donde aparece una bola dentro de una bola que a su vez está dentro de otra bola. Los radiolarios como referentes eucariotas se distinguen por la segregación de su anatomía blanda dentro de una cápsula central, conteniendo el endoplasma, y por un ectoplasma situado alrededor que consiste en un esqueleto opalino de silíceo en la mayoría de las especies. Por otra parte, Buckminster Fuller dirige sus observaciones hacia el concepto de evolución, esencialmente proponiendo una cadena consecutiva de reacciones (como un cadena de microorganismos) en la cual, por ejemplo, un pájaro modifica su hábitat en el momento que construye su nido y al mismo tiempo el medioambiente transforma el comportamiento y la existencia del pájaro, del mismo modo que condiciona la vida de los seres humanos (7). Acerca de los tiempos de entrega, algunos avances hacia el futuro estudian alternar el uso de la última tecnología junto con

a human as a creature which has failed in being and remaining an animal. The definition of wastage may be the undevelopment plot or leftover fragment of soil, and they could be a refuge of the earth's biodiversity and it inevitably affects to some wasted space that awaits a future use. It is no longer a place abandoned to rubbish and weeds, but becomes a sort of reservoir or biological time resource for the future. The wastelands are: fallow fields, roadside shoulders, peat bogs and moors. It is the protection of wildlife as a microbiological chain.

The delivery times of materials

How could be delivery times on construction sites where living beings (plants animals or humans) are growing? How can establish these delivery times if every living thing has the capacity to transform, either by choice or by necessity, over the course of its life, and whatever evolutionary change occurs is passed on to the next generation? The fundamental processes, namely dispersal, invasion, competition, adaptation, and extinction, are among the most difficult in biology to study and understand (5).

Robert Le Ricolais said that together with life comes the problem of growth, and until now man has not been capable of making machines that grow (6). On the other hand, it is important the principle of automorphism such as some kind of geometric assemblage of forms which go into one another, repeating themselves. Some microorganisms such as radiolariae are highly elaborate piece of work where you have a ball inside a ball inside yet another ball. Radiolariae are distinguished by the segregation of their soft anatomy into the central capsule, containing the endoplasm, and the surrounding ectoplasm and by the siliceous, opaline skeletons of the large majority of species. In addition, Buckminster Fuller traced his observations back to the concept of evolution, essentially proposing a dynamic system, a chain of consecutive reactions (such as a microorganisms chain) in which a bird, for example, modifies its habitat the moment it builds a nest, but in due course, the environment transforms the bird's behaviour and existence, just as it has transformed humans in many respects. (7) About delivery times, some thoughtful approaches for the future are alternated between the utilization of state-of-art technologies and no technology at all, between seeking total control of environment and abandoning all modes of control.

Macro scale. Thermodynamics parameters. The macroscale is the meteorological scale covering an area ranging from the size of a continent to the entire globe. The smallest scale of meteorological phenomena, called microscale, that range in size from a few centimeters to a few kilometers: net radiation, sensible heat flux, latent heat flux, ground heat storage, and fluxes of trace gases important to the atmosphere, biosphere and hydrosphere. It also refers to small scale meteorological phenomena with life spans of less than a few minutes that affect very small areas and are strongly influenced by local conditions of temperature of terrain. Thermodynamics parameters in Badajoz (182m High, Latitud: 38 51' 43" N, Length: 6 58' 15" O) are: Temperature (T_{max}=44,8°C/T_{min}=-7,2°C) / Wind (V_{Max}=153 W summer/E winter) / Precipitation (463mm/year) / Humidity (HR Anual= 66%) Mist.

Dehesa landscape project divides surface area in specific stripes to identify improvement strategies evaluating thermodynamics imbalances such as improve facilities, increase biodiversity, reduced the heat island effect and the relationship between radiation, humidity and wind

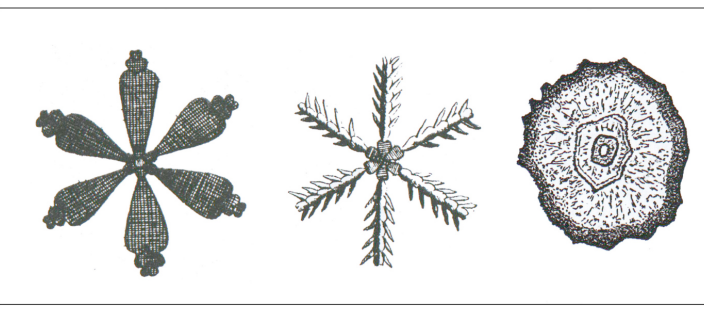
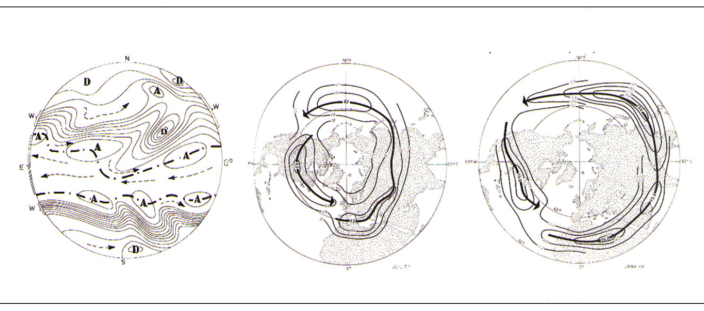
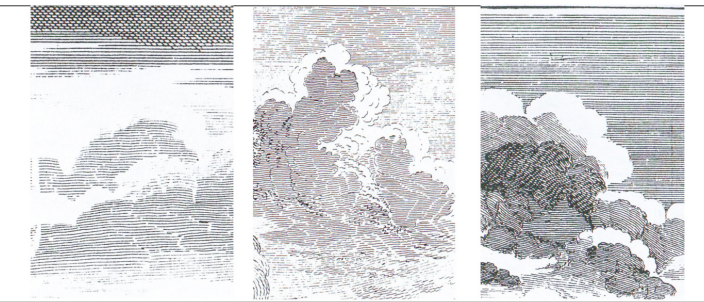
<p>Temperature</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Absolute zero: -273 °C 2. Lower rec. surface T Earth: -273 °C 3. Farenheit's ice/salt mix.: -17,78 °C 4. Ice melts (at standar pressure): 0°C 5. Triple point of water: 0,01 °C 6. Average surface T on Earth: 15 °C 7. Average human body T: 37 °C 8. Highest rec. surface T Earth: 58 °C 9. Water boils standar pressure: 100 °C 10. Titanium melts: 1668 °C 11. Surface of the Sun: 5.800 °C 	
<p>Wind</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Trade global winds (Alisios/ Monsoon) 2. Local winds (Bora/mistal/Siroco/ Pampero/Simoun/Harmatán) 3. Irregular winds 	
<p>Precipitation</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stratus below 6,000 feet 2. Cumulus below 6,000 feet 3. Stratocumulus below 6,000 feet 4. Altostratus 6,000-20,000 feet 5. Altopcumulus 6,000-20,000 feet 6. Cirrocumulus mackerel sky above 18,000 feet 7. Cirrus above 18,000 feet 8. Cumulonimbus from near to ground to above 50,000 feet 	

Fig.6. Parámetros termodinámicos y climáticos. Diccionario Enciclopédico Hispano-americano de Literatura, Ciencias, Artes, etc., Barcelona, (1887-1899), apéndice (1907-1910)
 Thermodynamic and climatic parameters. Diccionario Enciclopédico Hispano-americano de Literatura, Ciencias, Artes, etc., Barcelona, (1887-1899), apéndice (1907-1910)

el no-empleo de la misma, buscando un equilibrio entre un dominio del medioambiente y el abandono de todo control sobre el mismo.

Macroescala. Parámetros termodinámicos. La macroescala es la escala meteorológica que cubre un área que abarca desde el tamaño de un continente hasta el globo entero. La escala más pequeña meteorológica, llamada microescala, abarca un rango de tamaño que va desde unos pocos centímetros hasta varios kilómetros: radiación de redes, flujo sensible de calor, flujo de calor latente, almacenamiento del calor terrestre y flujos de gases residuales importantes en la atmósfera, hidrosfera y biosfera. Los parámetros termodinámicos en Badajoz (182m, Latitud:38 51' 43" N, Longitud: 6 58' 15" O) son: Temperatura (Tmax=44,8°C/ T°Min=-7,2°C) / Viento (VMax=153 W summer/E winter) / Precipitación (463mm/year) / Humedad relativa (HR Anual= 66%).

Dehesa Paisaje Caja de Badajoz es un proyecto que divide la superficie en filamentos para identificar estrategias de mejora evaluando los balances termodinámicos que se producen, tales como los equipamientos, el incremento de la biodiversidad, la reducción del efecto de las islas de calor y el equilibrio entre radiación, humedad y condiciones de viento durante todo el año. Se utilizan los avances energéticos aplicados a las diferentes formas, materiales y técnicas de construcción así como la mejora de las simulaciones mediante software de los fenómenos termodinámicos para analizar la macro escala en los proyectos .

conditions along the year. The advances in the knowledge of energetic methodological behaviour applied to diferent forms, materials and construction techniques and the improvement in the simulation software of thermodynamic phenomena are macro-scale tools useful for this kind of projects.




The open-space design in rural park and urban car park

In park areas, some changes can occur suddenly: discontinuities may disrupt the course of certain events, creating a complex situation whereby dynamics change take place at different speeds, something that is often difficult for the individual observer to grasp. The rural and urban park areas are also combined with other functions: paths, playgrounds, adult games, squares, car park and helipad (actually it is a square). The car park has islands among parking places and is specifically designed to be applied on the roof of underground garages, and a stable and porous green roof system allows for vehicular access.

The garden design inside semi-public cultural base

A serie of enclosed pieces of ground which represents the relationship between nature and culture has a multifunctional green roof build-up with high water retention capacity for lawns, perennials and on deeper layers of growing medium for shrubs and even trees. The passing of time can be perceived in the wider landscape, but also in every garden. The system of intensive ecological roof allows to creates a microclimate, reducing exterior temperatures and improving air quality, including thermal benefits as vegetation covering which gives additional climatic protection for spaces located underneath them.

Fig.7. Dehesa Paisaje Caja de Badajoz, 2011. Proyecto de Arquitectura: Estudio Lamela, Proyecto de Paisajismo: Cristina Jorge. Fase de mantenimiento. Dehesa landscape Caja Badajoz, 2011. Architectural project: Estudio Lamela, Landscape project: Cjc Paisaje. Maintained phase.

<p>The open-space design in rural park and urban car park</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meadow park NE (S.U.= 3.544 m²) 2. Meadow park SW (S.U.= 2.550 m²) 3. Scrubland square SE (S.U.= .926 m²) 4. Scrubland park SE (S.U.= 2.654 m²) 5. River bank square NW (S.U.= 810 m²) 6. River bank park NW (S.U.= 1.200 m²) 7. Car park NE (S.U.= 4.654 m²) 8. Helipad N (S.U.= 400m²) 9. Playground SW (S.U.= 200m²) 10. Adult games SW (S.U.= 200 m²) 11. Awnings of car park (S.U.= 2.280 m²) (eliminated) 	
<p>The garden design inside semi-public cultural base</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cultural Center courtyard (S.U.= 354 m²) 2. Housing courtyard 1 (S.U.=30 m²) 3. Housing courtyard 2 (S.U.=30 m²) 4. Kindergarten courtyard (S.U.=30 m²) 5. Gymnasium courtyard (S.U.=254 m²) 	
<p>The green-roof design next to private open space</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Green roof park (S.U.= 4217 m²) <p>The irrigation infrastructure:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Drip Irrigation controlled by hydrozones 2. Sprinklers <p>The drainage infrastructure:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Drain tube controlled by recordable sinks 2. Grating drainage 3- Porous pavements <p>The illumination infrastructure:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Direct lighting: Projectors 2. Diffuse lighting: Spot Lights 3. Indirect lighting: Lamp 	

El diseño del parque urbano y parque de estacionamiento públicos

En las áreas de parque, unos cambios pueden ocurrir de repente creando diferentes velocidades y algunos de ellos a menudo son difíciles de observar. Las áreas de parque rural y urbano combinan estas velocidades mediante diferentes actividades: caminos de varios materiales, campos de juegos, pistas de patinaje, aparcamiento y helipuerto (convertido en plaza actualmente). El parque de estacionamiento posee islas de vegetación entre las plazas y está diseñado sobre la cubierta del garaje del complejo mediante un sistema mixto de pavimento poroso que permite el acceso rodado de vehículos.

El diseño de los jardines semi-públicos del zócalo cultural

Un serie de patios cerrados y semi-abiertos, que representan esa idea de jardín como la relación entre naturaleza y cultura, emplean cubiertas ecológicas intensivas con alta capacidad de retención de agua que permiten el crecimiento de herbáceas y plantas vivaces, e incluso la formación de arbustos y árboles en áreas con mayor espesor; así como la creación de un micro clima que reduce la temperatura exterior y mejora la calidad del aire, incluso el colchón vegetal proporciona beneficios térmicos a los espacios situados bajo el mismo. Un sustrato de humus y de arena de río se extiende mediante capas variables de 50-100 cm. Los patios producen ventilación cruzada, optimizan la iluminación y promueven el ahorro

A substrate of humus and river sand is sprayed on in layers 50-100cm. Courtyard induces natural ventilation, optimises lighting and promotes energy saving. Drainage system has been designed considering the proximity of the groundwater table and the presence of sandy clay in the subsoil.

The green-roof design next to private office space

Intead of planting sedum carpet in extensive green roof, as it is used to do, the green roof islands concentrate energy resources when the climate is extreme. On the green roof, there are five olive trees located on small earth mounds covered with shrubs and herbaceous plants which have a special structural reinforcement. The selected plants are very resistant to extreme temperatures of Badajoz with 16 ud/m² density, in tray fillers 5cm thick. The localised irrigation has an automatic drip watering system. The design of sustainable water systems such that full attention is paid to hydrological cycles and the prevention of erosion by an automatic drip in localised irrigation system. Transmittance: 0.26 W/m². The hybris between extensive and semi-intensive green-roof is a more complex system and allows for the inclusión of perennials, small shrubs and trees in pots in the plant selection. The large capacity of the drainage and water retention layer by gravel stripes located perpendicularly to the slope of the roof (10%) and the different thickers layer of growing medium facilitate the broader plant system.

energético. El sistema de drenaje ha sido diseñado teniendo en cuenta la proximidad del río y por tanto del nivel freático y la presencia de arcilla arenosa en el subsuelo.

El diseño de la cubierta ecológica privada

En vez de emplear una alfombra de sedum uniforme como suelen hacer la mayor parte de las cubiertas ecológicas extensivas, se realiza una concentración de áreas con plantación en forma de islas sobre un terreno de tierra caliza machacada debido a las condiciones extremas del clima de Badajoz. En la cubierta del zócalo cultural hay cinco olivos plantados sobre unas jardineras enterradas dentro de unos montículos cubiertos de especies arbustivas y herbáceas, los cuales han requerido un refuerzo estructural de las cerchas que forman la cubierta. Las plantas seleccionadas son muy resistentes a las temperaturas extremas con una densidad de plantación de 16 ud/m2 en mallas de retención del terreno contra la erosión con alveolos de 5 cm de espesor. El riego localizado está formado por un sistema de goteo autocompensado repartido en diferentes hidrozonas. Coeficiente de transmisión: 0,26W/m2. El sistema de drenaje por bandas de grava perpendiculares al sentido de caída de la cubierta (10%), la capacidad de retención de agua y los diferentes grosores de la caliza machacada facilitaron la biodiversidad en el sistema de plantación.

Conclusiones

La reservas naturales concentradas en islas sobre un paisaje agrícola juegan un papel muy importante en el mantenimiento de una biodiversidad sostenible. En relación con el término Lean en construcción o en urbanismo, el sistema productivo de Toyota (TPS) define Lean como una operación estratégica orientada hacia la optimización del ciclo temporal más corto posible eliminando desperdicios; en otras palabras, "pull" versus "push", donde "pull" es simplemente proporcionar un producto o servicio solamente cuando es reclamado por el consumidor y donde "push" significa fabricar un producto y después venderlo a un consumidor.

La calidad de los materiales

En relación con la gestión de los materiales, la expresión paisajismo lean habla del uso probado de los sistemas de gestión de los productos, de la ayuda de medios visuales de localización mediante símbolos y de la organización de los equipos y herramientas. La calidad de los materiales

Conclusions

An important role in sustaining bio-diversity is played by nature reserves scattered like islands over an agricultural landscape. In relation with lean construction and urbanism, Toyota System Production (TPS) defines Lean such as an operational strategy oriented toward achieving the shortest possible cycle time by eliminating waste; in other words, pull versus push, where pull is simply providing a product or service only when asked for by the customer and push means a product is produced and then sold to a customer.

The quality of materials

In relation to the material management system: Lean landscaping talks about the use of proven material management system and visual aids by adding signs and by organizing tools and equipment on the projects. The qualities in lean urbanism are: sort, store, shine, standarize, sustain. The heterogeneous materiality of the project assures a cycle system; one could be sort, shine and standarize and the other, store and sustain. Firstly, the endogenous materials are the part of semi-intensive islands green-roof which can be set on a small mountains of certainly 600-800 mm for shrubs until an altitude of approximately 1000-1200 mm for trees; secondarily, the exogenous materials are the part of the extensive limestone earth roof which can be set on a growing medium layer of approximately 100-150 mm where a low weight and low maintenance cost are stipulated. Ecosystems cannot exist within isolated areas, but must instead be part of a larger environmental framework, an interconnected pattern of natural areas that allows plant and animal especies to migrate (8). Existing nature islands are therefore being expanded, and new ones laid out and connected by corridors of varying width such as stripes of humus-rich earth.

The waste materials

In the lean lanscaping the waste elements are: motion, transporting, overproduction, inventory, waiting, overprocessing and defects. If we consider time in relation with movement and growth, seed movement coming from the river are transported by the wind as well as travelling plants, worms, insects or humans passing through and germinate wherever bare ground welcomes them into the park, the garden or the green roof; and this approach relativises the notions of plants and weeds. When a tree grows and cover with shadows the soil behind it creates an island of green. At the begining the shape of the island was

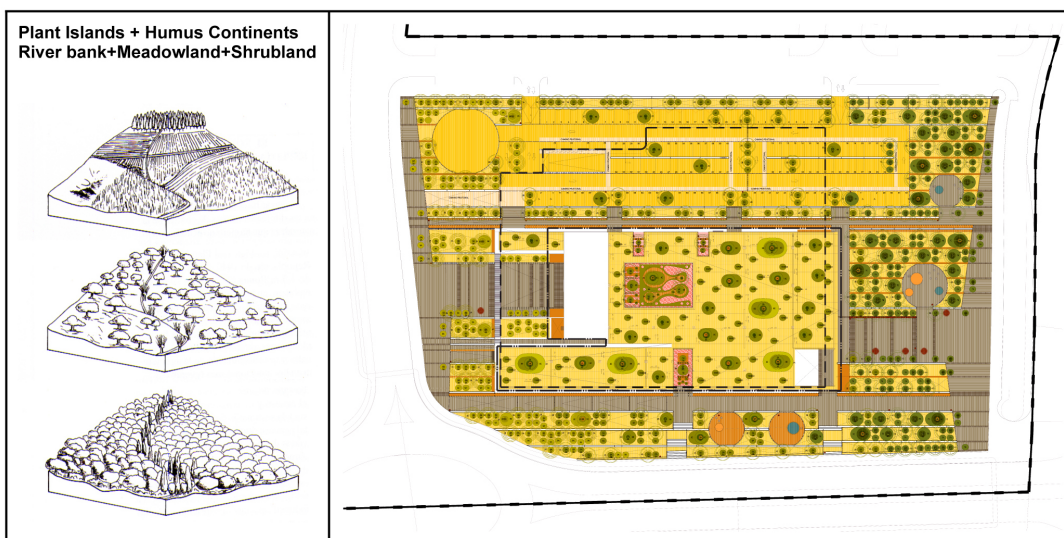


Fig. 8. Plano llave. Dehesa Paisaje Caja de Badajoz, 2011. Proyecto de Arquitectura: Estudio Lamela, Proyecto de Paisajismo: Cristina Jorge. Fase de mantenimiento. Plano de pavimentos. Dehesa Paisaje Caja de Badajoz, 2011. Proyecto de Arquitectura: Estudio Lamela. Plano de Paisajismo: Cristina Jorge..

en urbanismo lean viene definida por cinco términos: reducido, almacenado, sobresaliente, estandarizado y sostenible. La heterogeneidad de los materiales garantiza un ciclo sostenible; donde algunos materiales pueden ser reducidos, sobresalientes y estandarizados, mientras otros son almacenados y sostenibles. Los primeros serían materiales endógenos como una parte de las islas semi-intensivas de la cubierta del zócalo cultural los cuales están agrupados en montículos de 600-800 mm hasta una altitud de aproximadamente 1000-1200 mm con árboles plantados; los segundos, serían materiales exógenos que forman parte de la cubierta extensiva formada por capas de diferentes grosores de tierra caliza machacada bajo las cuales hay una capa de tierra fértil vegetal que garantiza el crecimiento espontáneo de especies silvestres. Los ecosistemas no pueden existir sólo dentro de áreas aisladas -los materiales endógenos-, sino formar parte de un marco medioambiental superior, un patrón interconectado de áreas naturales -los materiales exógenos- que permita a los animales y a las plantas migrar (8). Las islas naturales se van extendiendo y las nuevas formaciones surgen aprovechando la capa de material fértil que existe bajo las bandas de tierra caliza y cubren toda la superficie con plantaciones.

El desperdicio de los materiales

En el paisajismo lean los desperdicios de los elementos son: transporte, sobreproducción, inventariado, espera, sobreproceso y defectos. Si consideramos el tiempo en relación con el movimiento y el crecimiento, el viaje de semillas procedente del río debido al movimiento el aire, a las plantas vagabundas, a los insectos, a los gusanos, a los humanos pasando germina la tierra preparada para acoger estas plantaciones espontáneas en el parque público, en los jardines semi-públicos o en la cubierta privada del zócalo; ya no hay distinción entre plantaciones nobles y males hierbas. Cuando un árbol crece y con la sombra de su copa cubre todo el espacio define una isla verde. Al principio las formas circulares o elípticas de las islas están predeterminadas pero según pasa el tiempo, los contornos se van borrando en un proceso natural y van tomando forma no sólo en el plano sino en el lugar; una red de semillas actúa como una urdimbre de cables o cuerdas formando puntos fijos en los cruces (9).

El tiempo de entrega de los materiales

En relación con el concepto de construcción lean, se tienen en cuenta las decisiones lentas que se toman para conseguir mejoras a largo plazo en vez de obtener ganancias rápidas empleando decisiones más fáciles o menos costosas; también, se considera la creación de flujos continuos en cada proceso como sistemas necesarios para ser conectados y permitir la comunicación y la eliminación de posibles desperdicios o residuos en el sistema global mediante el uso de la tecnología. Del mismo modo que en los edificios catalogados como energía cero (ZEB) se puede crear un medioambiente interior heterogéneo por ejemplo, en las oficinas, también en las cubiertas ecológicas extensivas es posible crear lugares heterogéneos donde sería posible emplear el término de espacio controlado y alimentado artificialmente junto con otro denominado amigable con el medioambiente que refleja el cambio beneficioso de las estaciones. Hacer un híbrido de técnicas de acondicionamiento activas y pasivas es difícil pero a medida que avanzan los programas de control tecnológico de las instalaciones cada vez es más acertada esta posibilidad (10). El plazo de entrega está fuertemente ligado al tiempo de mantenimiento, donde el archipiélago de islas actúa como un sistema dentrítico

predeterminado pero a medida que avanza el tiempo, esta forma borrosa sus contornos en el proceso natural y toma forma no sólo en un plano, sino en el sitio; soportando una red de cables o estructura de cuerdas y alambres que se cruzan a intervalos regulares y están entrelazados o fijados en los cruces (9).

The delivery times of materials

Referring to lean construction, long term decision making are long term improvements even at the expense of the short gains could be made using easier or less expensive decisions; create continuous flow in every process such as systems need to be linked together to allow communication and elimination of the waste in the overall system by embracing technology and by using proven technology to improve communication. In the same way as Zero Energy Building (ZEB) creates a heterogeneous indoor environment in the office space, for example, where it would be acceptable to have differences in the quality of workplace space and ambiente space environment; the green-roof it would be a heterogeneous place where it is possible to use the concept of artificial ground and the idea of enjoying environmentally-friendly space that, over time, reflect the changing nature outside in relation with seasons is beneficial. To make a hybrid of passive and active techniques is difficult, but more precise and advance control technology makes this possible (10). The delivery time is strongly linked to the maintenance time, whose by means of an archipelago of islands such as a dentritic structure together with the proved management, the protection and expansion of island configuration versus continent landscape. Should not only help improve biological diversity, but also maintain a humidity level below the layer of leaves, branches and weeds from the changing seasons. The system is like the immune system's first line of defense. Analysing the proximity of Guadiana river in the project, the hidrographic network is dentritic too, where water flows on a seasonal basis through the watersheds of the river.

que protege y expande la configuración de las islas versus la formación de continentes. También sin mantenimiento excesivo, las capas de hojas, ramas y cortezas caídas de los árboles y arbustos forman un manto de protección que retiene la humedad y modera el clima exterior. Este sistema funciona como un sistema inmunológico de primera línea de defensa y incorporando la red dentrítica del río Guadiana al proyecto.

NOTAS / NOTES:

1 "El modelo de equilibrio de las islas biogeográficamente explica la variación en número de especies en las islas por la influencia del aislamiento y del área en los ratios de inmigración y extinción. En primer lugar, el modelo predice altos índices de inmigración hacia las islas cercanas a las fuentes de colonización y, en segundo lugar, el modelo predice altos índices de extinción en las islas pequeñas". McArthur, Robert H. / Wilson, Edward O.: *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, New Jersey, 2001.

"The equilibrium model of island biogeography explained variation in number of species on islands by the influences of isolation and area on rates of immigration and extinction. Firstly, this model predicted higher rates of immigration to islands nearer a sources of colonist and, secondarily, the model predited high rates of extinction on small islands". McArthur, Robert H. / Wilson, Edward O.: *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, New Jersey, 2001.

2 "La idea de isla como metáfora urbana sólo puede ser entendida como un laboratorio real de gestión de recursos que favorece la eliminación de la pobreza. Igual que una isla en el mar, la gestión de los recursos como el agua, drenaje, alcantarillado, alimentación y energía es la llave para el futuro sostenible de las ciudades donde la tensión entre lo formal y lo informal se convierte en el motivo central. Podemos describir la economía como un subconjunto de la cultura, como un sistema de gestión y desarrollo de nuestros recursos cualquiera que sea su forma." *Islands + ghettos*. Catálogo exposición, Heidelberger Kunstverein, 2008.

"The idea of "island" as an urban metaphor can also be understood as a real laboratory of resource management or sustainable uses of resources that can facilitate the elimination of poverty. Just like island in the sea, the management of resources such us water, sewage, food and energy is the key for the sustainable future of the cities where this tensión between formal and informal has become a central issue. We can describe economic (price of oil) as a subset of culture, as a system for managing and developing our resources whatever they form." *Islands + ghettos*. Catálogo exposición, Heidelberger Kunstverein, 2008.

3 "Clément define la noción de "Tercer paisaje" en 2002, en el contexto del estudio del área de Valssivière-en-Limousin en Francia. Identificó espacios transitorios o sin uso, tierras sin aprovechamiento y lugares designados como reservas naturales y los identificó como fragmentos de jardines planetarios los cuales tienen el suficiente potencial como para garantizar el futuro de la biodiversidad en la tierra" Gilles Clément / Philippe Rahm. *Environ(ne)ment*. Catalogo Exhibition, Centre Canadien d'Architecture, Montreal, 2007.

"Clément defined the notion of the "Third landscape" in 2002, in the context of a study of the area Valssivière-en-Limousin in France. He identified transitional or unused spaces, undeveloped land, and officially designated natural places as fragments of the planetary garden which have potential to ensure the future of earth's biodiversity." Gilles Clément / Philippe Rahm. *Environ(ne)ment*. Catalogo Exhibition, Centre Canadien d'Architecture, Montreal, 2007.

4 "Alguien que está preguntando hoy por el futuro de la humanidad y acerca de los métodos de humanización quiere saber si hay alguna esperanza de superar la tendencia contemporánea hacia la bestialización de la humanidad" SLOTERDIJK, Peter. *Normas para el parque humano*. Siruela, Madrid, 2000.

Anyone who is asking today about the future of humanity and about the methods of humanization wants to know if there is any hope of mastering the contemporary tendency towards the bestialization of humanity" SLOTERDIJK, Peter. *Normas para el parque humano*. Siruela, Madrid, 2000.

5 "El número de especies encontradas en islas situadas lejos de las fuentes de colonización crecerán más rápidamente en función del área de la isla que en función del número de islas cercanas. El número de especies en las islas mayores decrecerá en función de la distancia a las fuentes de colonización más rápido que en el decrecimiento de las especies en las islas menores" McArthur, Robert H. / Wilson, Edward O.: *An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography*. Princeton University Press, New Jersey, 2001.

"The number of species found on islands far from the source colonization will grow more rapidly with island area than will the number on near islands. The number of species on large islands decreases with distances from source of colonization faster than does the number of species on small islands" McArthur, Robert H. / Wilson, Edward O.: *An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography*. Princeton Univ. Press, New Jersey, 2001.

6 En el artículo escrito en 1940 "Sistemas reticulares..." Le Ricolais revela características adicionales de la relación entre las formas. En el interior de la forma natural del radiolario existen dos principales sistemas estructurales: un andamiaje interno de poliedros esqueléticos (el marco "triangular" de Le Ricolais) que es un sistema topológicamente cerrado y en compresión, "organizado para dar estabilidad y permanencia", y una membrana superficial externa que es un sistema topológicamente abierto y en tensión. Ambos sistemas separados o unidos por un estrato epidérmico de Pseudópodos radiales (o espículos) en compresión. Sus características más ostensibles son la separación (por medio de diafragmas) de la zona de compresión y la zona de tensión y que ambas sean estructuras óptimas para soportar sus cargas." Robert Le Ricolais. *Visiones y Paradojas*. Fundación Cultural COAM, Madrid, 1997.

In his 1940 article on "Systemes Reticules..." Le Ricolais reveals some further characteristics of the rapport between forms. Within the natural form of the radiolarian there are two majors structural systems : an internal scaffolding of skeletal polyhedra (Le Ricolais "triangulated" frame), which is a topologically closed system in compression- organized for stability and performance; and an external surface membrane that is topologically open system in tension. The system are separated or joined by an epidermical layer of radiating pseudopodia (or spicules) in compresion. Its most apparent characteristics are the separation (by diaphragms) of the compression zone from the tensile zone, and that both zones are optimal structures for their loading. Robert Le Ricolais. *Visiones y Paradojas*. Fundación Cultural COAM, Madrid, 1997.

7 Fuller's Franklin Lectures in Science & Humanities, presentado en Auburn University in 1969, fue publicado en R. Buckminster Fuller, Eric A. Walker, and James R. Killian, Jr., *Approaching the benign Environment*, ed. Taylor Littleton (London: Muller Limited, 1973) p.4.

Fuller's Franklin Lectures in Science & Humanities, presented at Auburn University in 1969, was published in R. Buckminster Fuller, Eric A. Walker, and James R. Killian, Jr., *Approaching the benign Environment*, ed. Taylor Littleton (London: Muller Limited, 1973) p.4.

8 "Las islas no necesitan estar rodeadas por agua: un cuerpo aislado, una finca cerrada en un espacio abierto, pueden ser efectivamente una isla en relación al espacio que les rodea. En la teoría sobre ecología, la reservas naturales distribuidas como islas sobre los paisajes agrícolas juegan un papel muy importante en el mantenimiento de la biodiversidad." VROOM, Meto J. *Lexicon of garden and landscape architecture*, Birkhauser, Basilea, 2006.

"Island do not need to be surrounded by water: an isolated copse, or an enclosed farmstead in an open landscape, can be effectively be an island in the space surrounding it. In ecological theory, an important role in sustaining bio-diversity is placed by natural reserves scattered like island over an agricultural landscape." VROOM, Meto J. *Lexicon of garden and landscape architecture*, Birkhauser, Basilea, 2006.

9 "El sistema depende en primera instancia del sol, la producción de fotosíntesis después de la respiración, sobre el agua y sobre el ciclo y el reciclaje de los materiales en el sistema llevado a cabo por decomposers. Está claro que el proceso requiere que las sustancias o desechos, el output de un ser, sean los inputs del otro. El oxígeno expulsado por la planta se convierte en input para el hombre, el monóxido de carbono expulsado por el hombre, el input de las plantas; la sustancia de la planta, el input del hombre; los desechos del hombre, input para las plantas; los desechos del hombre y de las plantas, los inputs de los decomposers, los residuos de éstos, los input de las plantas; y el agua dando vueltas, vueltas y más vueltas." McHARG, Ian L. *Design with nature*, The Falcon Press, Filadelfia, 1971.

"The system depends first upon the sun, the net production of photosynthesis after respiration, upon the water and upon the cycling and recycling of the materials in the system by the decomposers. it is quite clear that the process requires that the substance or wastes, the output of one creature, are the import or inputs to the others. The oxygen wastes of the plant were input to the man, the carbon dioxide of the man input to the plant; the substance of the plant input to the man, the wastes of the man input to the plant; the wastes of the man and the plant input to the decomposers, the wastes of these the input to the plant; and the water went round and round and round." McHARG, Ian L. *Design with nature*, The Falcon Press, Filadelfia, 1971.

10 "La superficie de la tierra en las ciudades modernas esta cubierta de asfalto y hormigón. Es necesario limitar la cubierta al mínimo. Sólo emplearlos allí donde el asfalto y hormigón sean necesarios; es importante volver a recuperar los materiales porosos y absorbentes." MATSUNAMA, Katashi. "Toward the realization of ZEBs". En: *Sustainable Architecture in Japan. The Continuous Challenge 1900-2010 & Beyond* Editorial Board Members of Nikken Sekkei, Tokio, 2010.

"The ground surface of modern cities is blanketed in asphalt and concrete. It is necessary to limit coverage to a minimum. Where concrete and the like are absolutely necessary, it is important to have a shift toward permeable and absorbent materials." MATSUNAMA, Katashi. "Toward the realization of ZEBs". En: *Sustainable Architecture in Japan. The Continuous Challenge 1900-2010 & Beyond* Editorial Board Members of Nikken Sekkei, Tokio, 2010.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

BELLMAN / HAUSMANN/ JANKE/ SCHNEIDER, 1994: *Invertebrados y organismos unicelulares*, Ediciones Blume, Barcelona.

Gilles Clément / Philippe Rahm. *Environ(nement)*. Catalogo Exhibition, Centre Canadien d'Architecture, Montreal, 2007

Islands + ghettos. Catálogo exposición, Heidelberger Kunstverein, 2008.

McHARG, Ian L. *Design with nature*, The Falcon Press, Filadelfia, 1971.

McARTHUR, Robert H. / WILSON, Edward O.: *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, New Jersey, 2001.

McARTHUR, Robert H. / WILSON, Edward O.: *An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography*. Princeton University Press, New Jersey, 2001.

PROMINSK, M.; STOCKMAN, A.; ZELLER, S.; STIMBERG, D. VOERMANEK, H. *River. Space. Design. planing strategic*, Methods for Projects for Urban Rivers. Birkhäuser, Balilea, 2013.

Robert Le Ricolais. *Visiones y Paradojas*. Fundación Cultural COAM, Madrid, 1997.

SLOTEDIJK, Peter. *Normas para el parque humano*. Siruela, Madrid, 2000.

STREBLE, Heinz/ KRAUTER, Dieter, 1987: *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce*, Ediciones Omega, SA, Barcelona.

Sustainable Architecture in Japan. The Continuous Challenge 1900-2010 & Beyond Editorial Board Members of Nikken Sekkei, Tokio, 2010.

VROOM, Meto J. *Lexicon of garden and landscape architecture*, Birkhauser, Basilea, 2006.

Estrategias de revitalización para una ciudad eficiente. Sistema de Polinúcleos Sostenibles

Revitalization strategies for an efficient city. Sustainable polinucleos system

Enrique Mínguez Martínez¹⁻², María Vera Moure³, Diego Meseguer García³

ABSTRACT

Desde el ámbito de la sostenibilidad y la eficiencia urbana la postura más adecuada para revitalizar nuestras ciudades es la reflexión sobre sus debilidades y fortalezas. Más que trabajar en la planificación de nuevos desarrollos es el momento de repensar los existentes dotando a las actividades humanas de la estructura espacial necesaria para su desarrollo.¹

Enfocamos la regeneración urbana desde una perspectiva holística, entendiendo la ciudad como un sistema global caracterizado por las relaciones entre sus habitantes. Esta postura es imprescindible para analizar la complejidad de un sistema formado por la interrelación entre el ser humano, el medio natural y el medio urbano. *“La armonización del desarrollo de las zonas urbanas con el medio ambiente natural y el sistema general de asentamientos es una de las tareas básicas que deben emprenderse para conseguir un mundo urbanizado sostenible”*²

Bajo un enfoque unidireccional, la primera medida adoptada para recuperar la vida de las ciudades es buscar la compactación del tejido a través de un aumento de la densidad, liberalizando el territorio y protegiendo el paisaje. Sin embargo, lograr una masa edificatoria equilibrada únicamente es un factor más de la ecuación como hemos podido comprobar estos últimos años, la construcción de viviendas no garantiza la creación de ciudad. *“Un remedio sugerido es volver a las grandes densidades. La idea parece ser que si la metrópoli entera pudiera concentrarse en el tamaño de la Gran Estación Central, con una enorme cantidad de niveles y de túneles y con muchísima gente arremolinándose en ellos, esto podría humanizarla nuevamente. Es vital que podamos descubrir cuál es la propiedad que da vida a las viejas ciudades, pero no podremos lograr este objetivo reduciéndonos a rehacer Grandes Estaciones Centrales”*³

El reto de revitalizar las ciudades debe enfocarse bajo una perspectiva más compleja, necesitamos “un análisis de todo el flujo de valor”. Mediante la aplicación de una Matriz de Indicadores de Sostenibilidad podemos obtener una visión específica de un entorno concreto, lo que nos permitirá dar soluciones precisas, adaptadas a la problemática particular de cada lugar, proporcionando respuestas al ciudadano más allá de la solución genérica de Ciudad Compacta. *“Although different building types could be seen forming clusters in the Spacemate, it became obvious that areas dominated by employment or living cannot be distinguished using only density indicators”*⁴

Las estrategias del Sistema Polinuclear Sostenible por su flexibilidad y capacidad de respuesta a distintas casuísticas resultan ser herramientas valiosas para la revitalización de las ciudades. Permiten proteger su propia identidad dentro de la ciudad, ajustan su escala para facilitar una movilidad sostenible, trabajan el concepto de densidad funcional para garantizar la masa crítica imprescindible, insertan de manera homogénea la estructura de espacios verdes en el tejido urbano.... Creando lugares *“donde el espacio y el tiempo de los habitantes toman forma y sentido en el espacio urbano”*⁵

Aplicando los resultados de la Matriz de Indicadores Sostenibles determinamos los parámetros de actuación para reequilibrar el tejido urbano adaptándolos al nuevo Sistema Polinuclear propuesto.

Palabras clave: Masa crítica, densidad funcional, Sistema de Polinúcleos Sostenibles, barrio, ciudad eficiente.

(1) Universidad de Alicante, Departamento de Edificación y Urbanismo. (2) Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), Dpto. de Ciencias Politécnicas. (3) Enrique Mínguez Arquitectos. E: eminguez@eminguez.com

Introducción. Ciudad eficiente – ciudad comfortable – ciudad cómoda.

Más allá de la definición exacta de eficiencia, "consecución de un fin empleando los medios adecuados", la eficiencia urbana es un valor numérico que utilizando la función guía de la sostenibilidad nos proporciona información sobre el rendimiento energético de la ciudad.

Además de este parámetro cuantificable, entendemos como ciudad eficiente la que consigue la satisfacción de sus ciudadanos empleando los medios adecuados.

Cada ciudadano tiene su propia concepción del verdadero valor de su ciudad ya que la vive de un modo individual adaptándose a sus circunstancias de la manera más ventajosa en cada momento concreto "El valor sólo puede definirlo el consumidor final" ⁶. Por ello proliferan situaciones urbanas tan insostenibles como los asentamientos residenciales dispersos, los centros comerciales periurbanos o los trayectos individuales diarios en automóvil para distancias mínimas... El urbanita crea su ciudad cómoda. Nuestro desafío es lograr compaginar la ciudad cómoda individual con el espíritu sostenible común proporcionándoles a los ciudadanos alternativas reales lo suficientemente flexibles como para adaptarse a los distintos individuos que conforman la comunidad. "El valor lo crea el productor. Desde el punto de vista del cliente, esta es la razón por la que existen productores" ⁶

Estructuras urbanas para lograr la eficiencia. Sistema de polinúcleos sostenibles.

El tejido urbano está formado por múltiples elementos. Las relaciones entre ellos y sus características determinan la calidad del entorno urbano. "Cuando los elementos de un conjunto se pertenecen entre sí, porque cooperan o trabajan juntos de alguna manera llamamos sistema a ese conjunto de elementos." ³

Para lograr revitalizar un entorno urbano no es suficiente con lograr valores óptimos en algunos indicadores de manera independiente, es preciso lograr valores combinados en los factores básicos estructurantes (densidad, diversidad, espacio público de relación, identidad

Introduction. Efficient city - comfortable city.

Beyond the exact definition of efficiency, "achievement of a purpose using appropriate media", urban efficiency is a numeric value that using the function guide sustainability gives information about the energy efficiency of the city.

In addition to this measurable parameter, we understand as efficient city getting the satisfaction of citizens using the appropriate tools.

Every citizen has his own conception of the true value of your city since it is lived you live it in an individual way adapting to their circumstances in the most advantageous way in each particular moment "the value only can set the final consumer" ⁶. For this reason proliferate as unsustainable as the sprawl residential settlements urban situations, peri-urban shopping centers or the individual trips daily by car for minimum distances... The citizen creates his comfortable city. Our challenge is to combine the individual comfortable city with the common sustainable spirit providing citizens real alternatives flexible enough to adapt to the different individuals belonging the community. "The producer creates the value. From the point of view of the customer, this is the reason why there are producing" ⁶

Urban structures to achieve efficiency. System of sustainable polinucleos.

The urban structure is composed of multiple elements. Relations between them and their characteristics determine the quality of the urban environment. "When the elements of a set are belong together, because they cooperate or work together in some way we call system for this set of elements." ³

To revitalize an urban environment it is not enough to achieve optimal values in some indicators in an independent manner, it is necessary to achieve values combined in structuring basic factors (density, diversity and public space, identity and flexibility). We need to study the superposition of several of them, achieving a global image of the territory. "Overlapping should also be correct. This is particularly important, because it is very tempting to make plans where the overlay is inserted by the same overlay.

Fig. 1. Función guía de la sostenibilidad. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2014.
Function guide sustainability. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2014.



y flexibilidad). Necesitamos estudiar la superposición de varios de ellos, logrando una imagen global del territorio. "La superposición debe ser, además, la correcta. Esto es particularmente importante, porque es muy tentador realizar planes donde la superposición se introduzca por la superposición misma. Y esto es exactamente lo que ocurre en los planes de alta densidad, "llenos-de-vida", de ciudades recientes. Pero la superposición por sí sola no proporciona una estructura; debemos utilizar la superposición correcta"³

Con el Sistema de Polinúcleos Sostenibles, buscamos conseguir un sistema urbano complejo, que facilite la vida de sus ciudadanos, proporcionando una serie de directrices que garanticen un comportamiento urbano sostenible. Estableciendo pautas que permitan recuperar entornos degradados con la consecución de un espacio público de calidad, un tejido urbano complejo y confortable dentro de un modelo compacto, que nos permita garantizar la máxima liberalización del territorio y la protección del paisaje.

El Sistema propuesto nos permitirá articular territorios de cualquier escala, organizando la ciudad en núcleos sostenibles autónomos (Unidad Urbana – Barrio) de un radio de entre 350 y 400 m. conectados entre sí mediante redes de transporte público cómodas y eficaces constituyendo una entidad urbana de mayor tamaño denominada distrito de un radio aproximado de 2000 m. Siempre desde un análisis territorial del tejido que nos permita encajar las células sin perder de vista la estructura global de la ciudad, las grandes infraestructuras, los sistemas generales de equipamientos y las zonas verdes estructurantes.

And this is exactly what happens in high density plans, "full-of-life", recent cities. But the overlay by itself does not provide a structure; we must use the correct overlay"³

With the System of Sustainable Polinucleos, we seek to create a complex urban system, which facilitates the life of its citizens, thus providing a series of guidelines that ensure a sustainable urban behavior. Establishing guidelines that allow recovering environments degraded with the attainment of a public space of quality, a complex and comfortable urban fabric within a compact model, allowing us to guarantee maximum liberalization of the territory and the protection of the landscape.

The proposed System will allow us to articulate territories of any scale, organizing the city into independent sustainable nuclei (urban unit) in a radius of between 350 and 400 m. connected each other by means of public transport networks effective and comfortable constituting a larger urban structure named district of an approximate radius of 2000 m. Ever since a territorial analysis that will allow us to fit the cells without losing sight of the global structure of the city, large infrastructures, equipment systems and structuring green areas.

Sustainable Polinucleos System organizes the territory from the pedestrian-scale Urban Units. Concentrating the essential needs for the development of the citizen in each of the nuclei. We provide sustainable mobility, thus eliminating unnecessary trips, combining comfortable city with sustainable city. To do this we must get sufficient critical mass to ensure a balanced urban fabric.

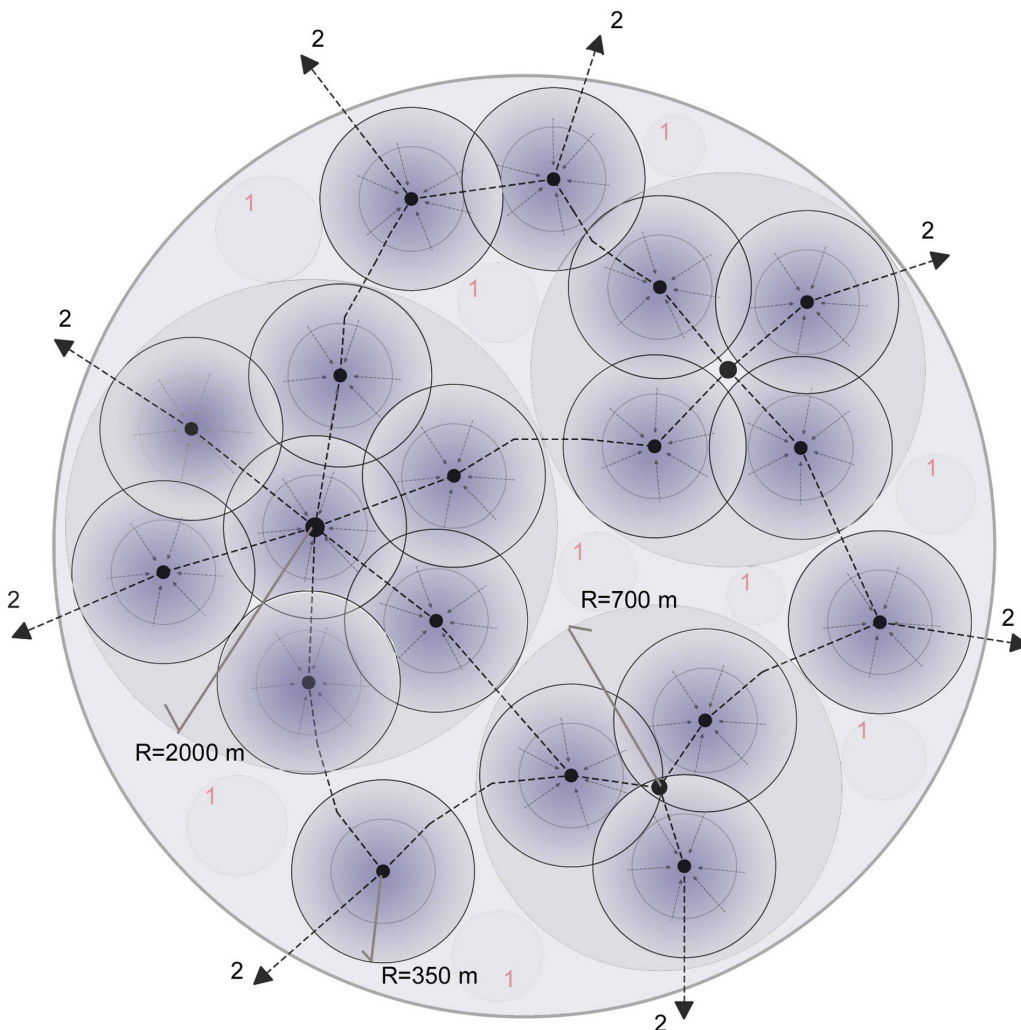


Fig. 2. Estructura Polinúcleos Sostenibles: Escala ciudad. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014.
Polinucleos structure. Scale city. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014.

El Sistema de Polinúcleos Sostenibles organiza el territorio a partir de Unidades Urbanas a escala del peatón. Concentrando las necesidades imprescindibles para el desarrollo del ciudadano en cada uno de los núcleos. Facilitamos así una movilidad sostenible, eliminando trayectos innecesarios, aunando la ciudad cómoda con la ciudad sostenible. Para ello debemos conseguir la suficiente masa crítica para garantizar un tejido urbano equilibrado.

Las personas son las que consiguen darle vida a las ciudades "la ciudad es un receptáculo para la vida" ³. Para reequilibrar cualquier tejido necesitamos personas que lo habiten en la máxima extensión de la palabra.

La cuestión es determinar cuál es el número óptimo de ocupantes y las características que debería tener el espacio público para que estos puedan desarrollar adecuadamente las actividades humanas. Estos factores están directamente condicionados por los factores básicos estructurales.

People are getting to give life to the cities 'city is a receptacle for life' ³. We need people to rebalance any structure urban.

The question is to determine what is the optimum number of occupants and characteristics which should be the public space so they can properly develop human activities. These factors are directly conditioned by the basic structural factors.

To get a structure regenerated, firstly **we must define the area**, adjusting to the scale of the pedestrian: the distance on foot for five minutes, or bike for 1 min, which is equivalent to a radius of 350 to 400 m.

Then proceed to the **rebalancing of densities within the core from the population environment analysis** since the existence of buildings does not guarantee that we will have the population necessary to provide them with life.

Christopher Alexander⁷ sets for urban units of this surface, an optimum population of 7000 inhabitants and Richard

METODOLOGÍA	
DATOS GENERALES	
Delimitar el ámbito de actuación:	Radio de 300 m. Superficie: 30 Ha Definir Población Óptima.
REEQUILIBRAR LAS DENSIDADES A PARTIR DEL ANÁLISIS DE POBLACIÓN	
Precisar el número de residentes y trabajadores necesarios para crear masa crítica	Relación 1:0,5
Reequilibrio Densidad Funcional	Relación 100 m ² c residencial: 50 m ² c terciario Equipamientos: 1.945 m ² /hab
Establecer el Espacio Público de Relación	
Crear espacios flexibles	Catálogo de Espacios Flexibles
Carácter e Identidad del núcleo	Respeto y variación tipológica.

METHODOLOGY	
GENERAL DATA	
Limit the area:	Radius of 300 m. Area: 30 has Define Optimum Population.
REBALANCING DENSITIES BASED ON AN ANALYSIS OF POPULATION	
Specify the number of residents and workers needed to create critical mass	Relation 1:0.5
Rebalancing functional and complexity density	Relationship 100 m ² residential: 50 m ² tertiary Equipments: 1,945 m ² /inhab
Establish the public space	
Create flexible spaces	Flexible spaces catalogue
Character and identity of the nuclei	Respect and typological change.

Para conseguir una regeneración del tejido, debemos primeramente **delimitar el ámbito de actuación**, ajustándonos a la escala del peatón: la distancia recorrida a pie durante cinco minutos, o en bicicleta durante 1 minuto, lo que equivale a un radio de 350 a 400 m.

Posteriormente procedemos al **reequilibrio de densidades dentro del núcleo a partir del análisis poblacional** del entorno ya que la existencia de edificaciones no garantiza que contemos con la población necesaria para dotarlas de vida.

Christopher Alexander⁷ establece para unidades urbanas de esta superficie un valor poblacional óptimo de 7000 habitantes y Richard Rogers⁸ una población de 7500 habitantes. Para establecer la masa crítica suficiente de 7000 personas, determinamos las características

Rogers⁸ a population of 7500. To establish the critical mass of 7000 people, we determined the building characteristics that must meet the urban unit to pick up all the needs of its citizens in a sustainable manner. Therefore the values optimal densificatorios are variable according to the characteristics of each site. "Densities are too low or too high, when they get frustrated urban diversity rather than stimulating it. This failure of execution is why if they are very high or very low. (...) The quantities are suitable according to how you work. And the right thing is different depending on the cases." ²

According to data from the Agency of Urban Ecology of Barcelona AEUB¹⁰, in the Methodological Guide⁹, for an environment on the area of a nucleus (between district and urban unit) into an existing fabric recommended NET density oscillates between 100 and 150 dwellings per

edificatorias que debe cumplir la unidad urbana para recoger de manera sostenible todas las necesidades de sus ciudadanos. Por ello los valores óptimos densificatorios son variables según las características de cada emplazamiento. "Las densidades son demasiado bajas o demasiado altas cuando frustran la diversidad urbana en lugar de estimularla. Este fallo de ejecución es el porqué de si son muy altas o muy bajas. (...) Las cantidades son adecuadas según cómo funcionen. Y lo adecuado es distinto según los casos." ¹¹

Según los datos de la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona AEUB⁽ⁱ⁾, en la Guía Metodológica⁹, para un entorno de la superficie de un núcleo (entre Barrio y Unidad Urbana) en un tejido existente la densidad neta recomendada oscila entre 100 y 150 viviendas por hectárea. Pero esto solo es un valor orientativo pues otros autores elevan considerablemente la densidad óptima para garantizar un entorno diverso. "Jane Jacobs warned that American slums were not only an issue faced in the inner cities, but also in the low-density, dull areas on the fringes. She suggested that a minimum of 100 dwellings per net acre (250 dwellings per hectare) was a necessary condition for a vital and participatory city life." ⁴

Para reequilibrar la densidad de un entorno urbano más allá del dato puntual y unidireccional "viviendas/hectárea", debemos **precisar el número de residentes y trabajadores necesarios para crear la masa crítica**. Procediendo a un reparto de usos que garantice la presencia en el núcleo de un número similar de habitantes y trabajadores. Tanto la Guía Metodológica⁹ como A. Hernández Aja¹⁰ establecen una relación óptima de 1:0,5 mientras que Meta Berghauser Pont y Per Haupt⁴ hablan de una relación 1:1 ó 1:1.20. Evidentemente los condicionantes sociales holandeses y españoles son muy diferentes.

A partir de estos datos **estableceremos la densidad y complejidad funcional combinando en un parámetro las necesidades constructivas y la diversidad indispensable para lograr su ocupación**, más allá de la información proporcionada por la edificabilidad o el número de viviendas por hectárea. "Instead of expressing density through the number of dwellings per hectare, (...) density has to be treated as a multivariable phenomenon" ⁴

La densidad expresada en viv/ha proporciona una información muy parcial, entornos con la misma densidad presentan muy diferentes características. Resulta imprescindible completar el análisis combinando otros factores.

Reequilibrando los m² de vivienda y los m² de terciario necesarios para poder desarrollar las diferentes actividades humanas de un modo abierto podremos establecer una flexibilidad tipológica, legislativa y funcional, garantizando la suficiente concentración humana para producir la pluralidad, la diferencia y la interacción imprescindibles para la diversidad tal y como expone Lozano. "Por muy alta que sea, ninguna concentración residencial es suficiente si

hectare. But this is only a reference value because other authors raise considerably the optimum density to ensure a diverse environment. "Jane Jacobs warned that American slums was not only an issue faced in the inner cities, but also in the low-density, dull areas on the fringes." "She suggested that a minimum of 100 dwellings per net acre (250 dwellings per hectare) was a necessary condition for a vital and participatory city life." ⁴

To rebalance the density of an urban environment beyond the punctual data and one-way "dwellings/hectare", we **must specify the number of residents and workers needed to create the critical mass**. Proceeding to a distribution of applications that will ensure the presence at the core of a similar number of inhabitants and workers. Both the Methodological Guide⁹ and A. Hernández Aja¹⁰ establish an optimal ratio of 1:0,5 while Meta Berghauser Pont and Per Haupt⁴ talk about a relationship 1:1 or 1:1.20. Obviously the social Dutch and Spanish determinants are very different.

From these data we will **establish the functional and complexity density combining in a parameter needs constructive and diversity essential to his occupation**, beyond the information provided by the buildability or the number of dwellings per hectare. "Instead of expressing density through the number of dwellings per hectare, (...) "density has to be treated as a multivariate phenomenon" ⁴

The density expressed in dwellings/ha provides a very partial information, environments with the same density have very different characteristics. It is essential to complete the analysis by combining other factors.

Rebalancing the m² of housing and the tertiary m² required to develop different human activities in an open manner can establish a typological, legislative and functional flexibility ensuring sufficient human concentration to produce essential for diversity, plurality, difference and interaction as it exposes Lozano. "By very high that is, no residential concentration is sufficient if other inadequacies suppress and hinder diversity. As instance limit, no residential concentration, by high that is, is enough to generate diversity in uniform residential colonies."¹¹ Facilitating the development of multiple activities simultaneously to create a more attractive urban structure for different communities. The accomplished cast corresponds with data for central tissue exposed by A. Hernández Aja¹⁰, 100 m² residential, 51 m² of tertiary and 1,945 m²/inhab of equipments.

Once established the global computation of inhabitants/workers we can establish the **Public Space of Relationship** necessary to avoid the overcompactness. The public space of relationship according to the AEUB⁽ⁱ⁾ proportion should range between 10 and 20 m²/inhab while A. Hernández Aja¹⁰ sets for Central urban structures 5 m²/inhab. Avoid the overcompactness is basic, but an excess of Public Space of Relationship can generate discontinuities in urban structures, border areas and maintenance spending often difficult to assume by City Councils. So although the OMS⁽ⁱⁱ⁾

Fig. 3. Relación entre densidad y forma urbana: 75 viv/ha. R. Rogers⁸, 1999.

Relationship between density and urban form. R. Rogers⁸, 1999

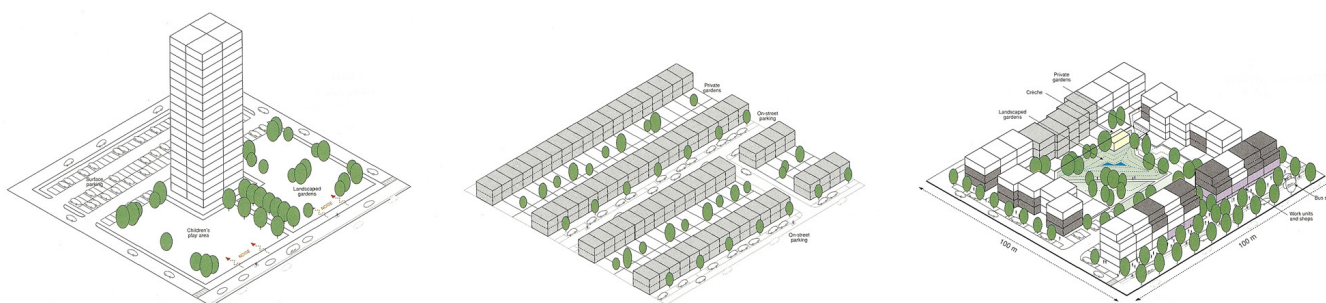
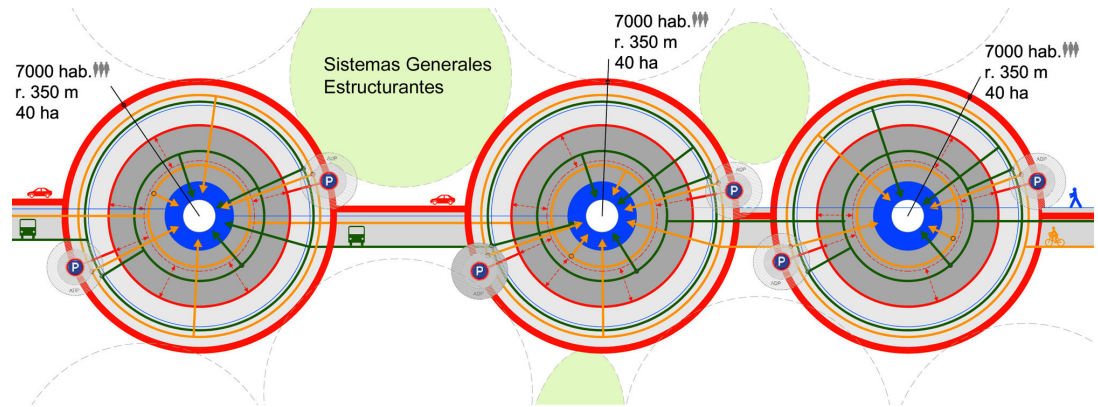


Fig. 4. Esquema Polinúcleos Sostenibles: Escala Barrio. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014.
Polinucleos Scheme. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014.



otras insuficiencias suprimen y obstaculizan la diversidad. Como caso límite, ninguna concentración residencial, por alta que sea, es suficiente para generar diversidad en las colonias residenciales uniformes.”¹¹ Facilitando el desarrollo de múltiples actividades de manera simultánea crearemos un tejido más atractivo para distintas colectividades. El reparto realizado corresponde con los datos para tejido central expuestos por A. Hernández Aja¹⁰, 100 m²c residenciales por 51 m²c de terciario y 1.945 m²c/hab de equipamientos.

Una vez establecido el cómputo global de habitantes/trabajadores podemos establecer **el Espacio Público de Relación** necesario para evitar la sobrecompactación. La proporción Espacio Público de Relación según la AEUB⁽ⁱ⁾ debería oscilar entre 10 y 20 m²/hab mientras que A. Hernández Aja¹⁰ establece para tejidos centrales 5 m²/hab. Evitar la sobre compactación es básico, pero un exceso de Espacio Público de Relación puede generar discontinuidades en el tejido, espacios frontera y un gasto de mantenimiento muchas veces difícil de asumir por los Ayuntamientos. Por lo que aunque la OMS⁽ⁱⁱ⁾ establezca un mínimo de Espacio Verde por habitante de 14 m²/hab, para reequilibrar el tejido un valor de 10 m²/hab, nos permite conseguir el esponjamiento del tejido, siempre que el espacio de relación se distribuya de una manera homogénea en la Unidad Urbana, diferenciando entre distintos tamaños de Espacio Verde y a diferentes superficies constituyendo el llamado Collar de Esmeraldas como el planteado por Frederik Law Olmsted para la ciudad de Boston, Massachusetts.

Por último debemos considerar la flexibilidad y la identidad como elementos estructurantes. La primera es imprescindible para dotar de resiliencia al lugar, y la segunda para garantizar el arraigo del ciudadano por su entorno. Para ello es básico romper la uniformidad en las construcciones, creando una imagen cambiante.

“No es fácil reconciliar una densidad alta con una gran variedad de edificios, pero hay que intentarlo. La urbanización anti-urbana y la zonificación prácticamente lo impiden.”¹¹

Siguiendo esta metodología podemos establecer los parámetros de reequilibrio que tomamos como patrón para determinar las estrategias para recuperar entornos urbanos.

Estrategias de revitalización. Consecución de la masa crítica.

Una estrategia muy utilizada consiste en concentrar la densidad edificatoria para mejorar la masa crítica, revitalizando de este modo el tejido y logrando una ciudad compacta. Pero construir de una manera indiscriminada no es la solución, muchas veces es el problema, como

set a minimum of free space per capita in 14 m²/inhab, to rebalance the urban structure a value of 10 m²/inhab, allows us to get more free space, provided that the space of relationship to be distributed in a homogenous way in the Urban Unit, differentiating between different sizes of Free Space and different areas forming the so-called Emerald Necklace as raised by Frederik Law Olmsted for the city of Boston Massachusetts.

Finally, we must consider the flexibility and identity as structuring elements. The first is essential to provide resilience to the place, and the second to secure the rooting of the citizen for its environment. For this, it is essential to break the uniformity in the buildings, creating a changing image. “It is not easy to reconcile a high-density with a wide variety of buildings, but we must try it. The anti-urbana estate and zoning practically prevent it.”¹¹

Following this methodology we can set parameters of the rebalancing that we take as a pattern to determine strategies to recover urban environments.

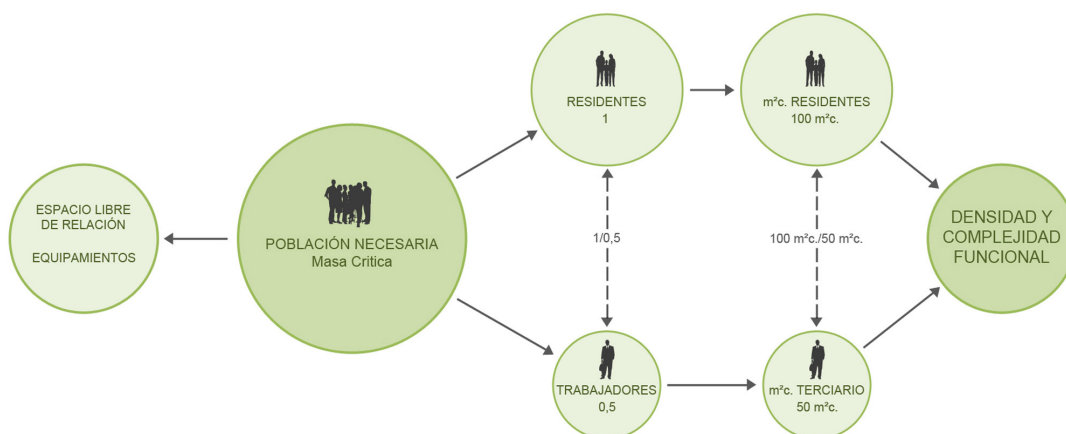
Revitalization strategies. Achievement of critical mass.

A widely used strategy is to concentrate the building density to improve the critical mass, thus revitalizing the urban structure and achieving a compact city. But building an indiscriminately way is not the solution, it is often the problem, as demonstrated by the multiple urban environments created during the real estate bubble in recent years. Peri-urban developments or tourist areas with a high percentage of second houses can provide values of density optimal, creating the illusion of a compact structure, but there are no citizens who occupy them we find lacking living environments. “Although all kinds of social and spatial factors are involved in producing diversity, a dense concentration of people is, according to both Jacobs and Lozano, one of the prerequisites for a flourishing and diverse city: ‘The other factors that influence how much diversity is generated, and where, will have nothing much to influence if enough people are not there’ (Jacobs 1961”:(205).”⁴

An urban structure regeneration depends directly on its **inhabitants**, by what actions must be focused to ensure a minimum population to create life in a gradual way. We must propose combined performances of the basic structural factors. “Each of those elements that make up the urban ecosystem meets their complex functions and should not exclusively understood as mere elements whose sum is equal to the whole.” The disjunction of the elements, the separation of spaces in monofunctional areas, the urban zoning to its most extreme expressions, represent a victory of urban simplicity about the urban complexity, proclaims a new order of the sector against the order of the integral.”¹²

Fig. 5. Estrategia Poblacional. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014.

Population Strategy. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014



han demostrado los múltiples entornos urbanos creados durante la burbuja inmobiliaria en los últimos años. Desarrollos periurbanos sin ocupar, o zonas turísticas con un porcentaje elevado de segundas viviendas pueden proporcionar valores de densidad óptimos, creando la ilusión de un tejido compacto, pero al no existir ciudadanos que las ocupen nos encontramos con entornos carentes de vida. "Although all kinds of social and spatial factors are involved in producing diversity, a dense concentration of people is, according to both Jacobs and Lozano, one of the prerequisites for a flourishing and diverse city: 'The other factors that influence how much diversity is generated, and where, will have nothing much to influence if enough people are not there' (Jacobs 1961: 205)." ⁴

La regeneración de un tejido depende directamente de sus **habitantes**, por lo que las actuaciones deben estar enfocadas a garantizar una población mínima para crear vida de una manera paulatina. Debemos proponer actuaciones combinadas de los factores básicos estructurales. "Cada uno de esos elementos que conforman el ecosistema urbano cumple sus funciones complejas y no deben entenderse exclusivamente como meros elementos cuyo sumatorio es igual al todo. La disyunción de los elementos, la separación de los espacios en ambitos monofuncionales, el zoning urbano hasta sus más extremas expresiones, representan una victoria de la simplicidad urbana sobre la complejidad urbana, proclama un nuevo orden de lo sectorial frente al orden de lo integral".¹²

El primer paso es conseguir un reparto equilibrado del suelo del núcleo urbano y posteriormente de la superficie construida. En la figura 6 se muestran dos distribuciones territoriales óptimas del suelo, para un núcleo de 7500 habitantes, siguiendo las estructuras propuestas en el punto anterior y los parámetros deseables de la Guía Metodológica⁹ y de "La Ciudad de los Ciudadanos"¹⁰. A partir de este modelo podemos calcular las desviaciones de un tejido deteriorado para poder determinar las estrategias más adecuadas para su reequilibrio y revitalización.

Una vez analizados estos esquemas y los modelos urbanos que nos ofrecen (un tejido compacto con el 75% de territorio libre o edificaciones de dos alturas con un tejido más homogéneo) nos cuestionamos los valores óptimos que nos ofrecen los Indicadores de la Guía Metodológica⁹. ¿Cómo combinar una densidad superior a 100 viviendas por hectárea (con los habitantes y trabajadores que ello supone) con el espacio libre de relación deseable de 20 m²/hab, si nuestro objetivo es lograr un tejido continuo?

Las necesidades de espacio público de relación dependen directamente del número de habitantes, al igual que el número de viviendas o negocios imprescindibles para

First is to get a balanced distribution of the area of the polinucleo and subsequently of the overbuilt. Figure 6 shows two optimal territorial distributions of space, to a center of 7500 inhabitants, following the structures proposed in the previous point and the desirable parameters of the Methodological Guide⁹ and "La ciudad de los ciudadanos"¹⁰. From this model we can calculate the deviations of a damaged area in order to determine the most appropriate strategies for their rebalancing and revitalization.

The calculation of the road taken with the data of table 86: road. Proposal for minimum equipment in central urban structure, "La ciudad de los ciudadanos"¹⁰.

The Planning Regulation establishes 18 m² of space of relationship by housing.

Once analyzed these schemes and urban models that we offer (a compact fabric with 75% of free territory or buildings of two floors with a more homogeneous urban structure) we question the best values offered by the indicators of the Methodological Guide⁹. **How to combine a density higher than 100 dwellings per hectare (with the residents and workers that entails) with the free space of relationship desirable of 20 m²/inhab, if our objective is to achieve a continuous development?**

The needs of public space of relationship are directly dependent on the number of inhabitants, as well as the number of houses or businesses are essential for developing life in the city. How much greater the density (greater number of inhabitants), increased need for space free of relationship we have, what the buildings will have to increase their concentration to answer the needs of land free. This originates an unbalanced urban structure, of great heights and large open spaces.

In the area of the Polinucleo studied, according to the recommendations of the Methodological Guide⁹ to existing developments, if we will tell you with a population of 15000 people (which would be 5000 houses and a density of 166 dwellings/ha) to respond to the desirable parameters of indicator "Space per inhabitants", need 300000 m² of space of relationship, exactly the area of the polinucleo 30 ha. Establish a relationship of 20 m²/inhab in a dense city is impossible since in a bounded territory we can not respect both parameters simultaneously.

To combine both factors we need to reduce the needs of space of relationship, adopting the value recommended by the Current Planning Regulations (RD 21591978, of 23 June) of 6 m²/inhab.

This can increase the population (and therefore density), with which we can get a more homogeneous compact

Nota:

El cálculo de los equipamientos se ha realizado con los datos del Anexo 3. Dotación de equipamientos.

El cálculo del viario se ha realizado con los datos del Cuadro 86: Viario. Propuesta de dotación mínima en tejido central, de "la Ciudad de los ciudadanos"¹⁰.

El Reglamento de Planeamiento establece 18 m2 de espacio de relación por vivienda.

MODELOS DE OCUPACIÓN NÚCLEO URBANO			
RESUMEN DE CÁLCULO – REPARTO DEL SUELO.			
DATOS GENERALES	Superficie: Radio 300 m	30 Ha ámbito	
	Habitantes:	7500 personas	
	Número de viviendas: 3 hab/vivienda	2500 viviendas	
	Densidad:	83 viv/ha	
M2 CONSTRUIDOS	Trabajadores: (relación 1:0,5)	3750 personas	
	m2 construidos residencial (viv x 100)	250000 m2t	
	m2 construidos terciario: (100 m2c residencial: 50 m2c terciario)	125000 m2t	
M2 SUELO:	m2 construidos totales:	375000 m2t	
	Espacio público de relación: 10 m2/hab	75000 m2 suelo:	25% del núcleo
	Viario: (28,6 m2s x viv)	71500 m2 suelo:	24% del núcleo
	Equipamientos: 1.945 m2/hab	14600 m2 suelo:	5% del núcleo
Espacio público de relación. Mínimo Guía Metodológica.	Occupación: Residencial+Terciario	138900 m2 suelo:	46% del núcleo
	MODELO DE CIUDAD	Altura media de la edificación	2.70 alturas PB+II
M2 SUELO:	Espacio público de relación: 20 m2/hab	150000 m2 suelo:	50% del suelo
	Viario: (28,6 m2s x viv)	71500 m2 suelo:	24% del suelo
	Equipamientos: 1.945 m2/hab	14600 m2 suelo:	5% del suelo
	Occupación: Residencial+Terciario	63900 m2 suelo:	21% del suelo
Espacio público de relación. Deseable Guía Metodológica.	MODELO DE CIUDAD	Altura media de la edificación	5.9 alturas PB+V
	M2 SUELO:.	Espacio público de relación: 6 m2/hab	45000 m2 suelo:
Viario: (28,6 m2s x viv)		71500 m2 suelo:	24% del suelo
Equipamientos: 1.945 m2/hab		14600 m2 suelo:	5% del suelo
Occupación: Residencial+Terciario		168900 m2 suelo:	56% del suelo
Espacio público de relación. Reglamento de Planeamiento.	MODELO DE CIUDAD	Altura media de la edificación	2.20 alturas PB+I

Note:

The calculation of equipments has been done with data of annex 3. Provision of equipments.

The calculation of the road taken with the data of table 86: road. Proposal for minimum equipment in central urban structure, "La ciudad de los ciudadanos"¹⁰.

The Planing Regulation establishes 18 m2 of space of relationship by housing.

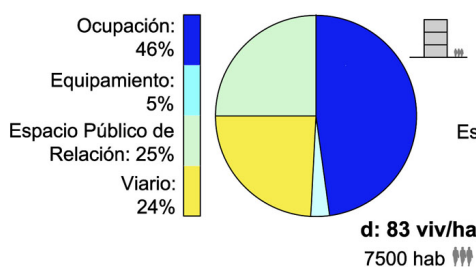
OCCUPATION MODEL TOWN			
SUMMARY OF CALCULATION - DISTRIBUTION OF THE SOIL.			
GENERAL DATA	Area: 300 m Radio	30 ha area	
	Inhabitants:	7500 people	
	Number of dwellings: 3 inhab/dwelling	2500 dwellings	
	Density:	83 dwellings/ha	
BUILT (M2)	Workers: (1.0, 5 ratio)	3750 people	
	residential m2 (houses x 100)	250000 m2t	
	m2 built tertiary: (100 m2 residential: 50 m2 tertiary)	125000 m2t	
FLOOR AREA (M2):	Total m2:	375000 m2t	
	Public space of relationship: 10 m2/hab	75000 m2 area:	25% the polinucleo
	Road: (28.6 m2s x houses)	71500 m2 area:	24% the polinucleo
	Equipment: 1.945 m2/inhab	14600 m2 area:	5% the polinucleo
Public space of relationship. Minimum Methodological Guide.	Occupation: Residential + Tertiary	138900 m2 area:	46% the polinucleo
	CITY MODEL	Average height of building	2.70 heights PB+II
FLOOR AREA (M2):	Public space of relationship: 20 m2/hab	150000 m2 area:	50% the polinucleo
	Road: (28.6 m2s x homes)	71500 m2 area:	24% the polinucleo
	Equipment: 1.945 m2/inhab	14600 m2 area:	5% the polinucleo
	Occupation: Residential + Tertiary	63900 m2 area:	21% the polinucleo
Public space of relationship. Desirable Methodological Guide.	CITY MODEL	Average height of building	5.9 heights PB+V
	FLOOR AREA (M2):	Public space of relationship: 6 m2/inhab	45000 m2 area:
Road: (28.6 m2s x homes)		71500 m2 area:	24% the polinucleo
Equipment: 1.945 m2/inhab		14600 m2 area:	5% the polinucleo
Occupation: Residential + Tertiary		168900 m2 area:	56% the polinucleo
Public space of relationship. Regulation of planning.	CITY MODEL	Average height of building	2.20 heights PB+I

Fig. 6. Comparativa distribución óptima del suelo de un núcleo con una relación de espacio libre de 10 m2/hab, 20 m2/hab y 6 m2/hab. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014.

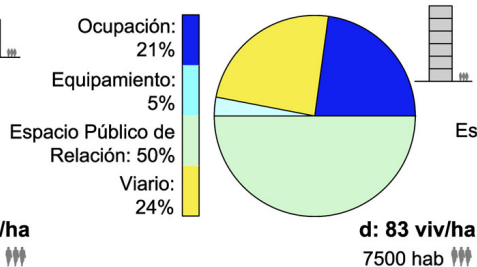
Comparative optimum distribution of the field of a core value of free space of 10 m2/inhab, 20 m2/inhab and 6 m2/inhab.

Enrique Mínguez Arquitectos, 2014.

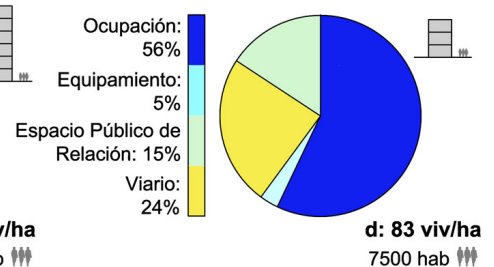
**MÍNIMO ESPACIO DE RELACIÓN
GUÍA METODOLÓGICA: 10 m2/hab**



**ESPACIO DE RELACIÓN DESEABLE
GUÍA METODOLÓGICA: 20 m2/hab**



**ESPACIO DE RELACIÓN RECOMENDABLE
REGLAMENTO DE PLANEAMIENTO: 6 m2/hab**



desarrollar la vida en la ciudad. Cuanta mayor sea la densidad (mayor número de habitantes), mayor necesidad de espacio libre de relación tendremos, por lo que las edificaciones tendrán que incrementar su concentración para responder a las necesidades de suelo libre. Esto origina un tejido desequilibrado, de grandes alturas y grandes espacios libres.

En el ámbito del Polinúcleo estudiado, atendiendo a las recomendaciones de la Guía Metodológica⁹ para Tejidos Existentes, si contáramos con una población de 15000 personas (lo que supondría 5000 viv y una densidad de 166 viv/ha) para responder a los parámetros deseables del Indicador de "Espacio de estancia por Habitante", necesitaríamos 300000 m² de espacio de relación, exactamente lo que mide nuestro ámbito, 30 Ha. Establecer un espacio de relación de 20 m²/hab en una ciudad densa resulta imposible ya que en un territorio acotado no podemos respetar ambos parámetros de manera simultánea.

Para lograr compaginar ambos factores debemos reducir las necesidades de espacio de relación, adoptando el valor

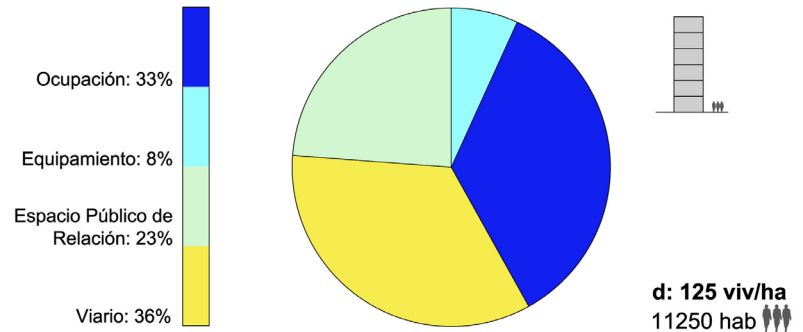
development, with a percentage of building - free space of the 41% to 59%.

In the distribution proposed to initiate the process of revitalization of an urban environment, once determined the population and density, we must ensure an uniform distribution of relationship space, taking advantage of the

Fig. 7. Distribución óptima del suelo de un núcleo. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014

Optimum distribution of the land of a core. Enrique Mínguez Arquitectos, 2014.

ESPACIO DE RELACIÓN RECOMENDABLE REGLAMENTO DE PLANEAMIENTO: 6 m²/hab. REEQUILIBRIO DEL SUELO.



MODELO DE OCUPACIÓN NÚCLEO URBANO EFICIENTE		
RESUMEN DE CÁLCULO – REEQUILIBRIO EN EL REPARTO DEL SUELO.		
DATOS GENERALES	Superficie: Radio 300 m	30 Ha. Ámbito
	Habitantes:	11250 personas
	Número de viviendas: 3 hab/vivienda	3750 viviendas
	Densidad:	125 viv/ha
	Trabajadores: (relación 1:0,5)	5625 personas
REPARTO M2CONSTRUIDOS	m2 construidos residencial (viv x 100)	375000 m2t
	m2 construidos terciario: (100 m2c residencial: 50 m2c terciario)	187500 m2t
	m2 construidos totales:	562500 m2t
REPARTO M2SUELO: Espacio público de relación. Reglamento de Planeamiento.	Espacio público de relación: 6 m ² /hab	67500 m2 suelo: 23% del suelo
	Viario: (28.6 m2s x viv)	107250 m2 suelo: 36% del suelo
	Equipamientos: 1.945 m2/hab	21880 m2 suelo: 8% del suelo
	Ocupación: Residencial+Terciario	103370 m2 suelo: 33% del suelo
MODELO DE CIUDAD	Altura media de la edificación	5.44 alturas PB+V

OCCUPATION MODEL EFFICIENT URBAN CORE		
SUMMARY OF CALCULATION - REBALANCING THE DISTRIBUTION OF TERRITORY.		
GENERAL DATA	Area: 300 m Radio	30 Ha. area
	Inhabitants:	11250 people
	Number of dwellings: 3 inhab/home	3750 houses
	Density:	125 houses/ha
	Workers: (1:0,5 ratio)	5625 people
BUILT (M2)	m2 residencial (houses x 100)	375000 m2t
	m2 built tertiary: (100 m2 residential: 50 m2 tertiary)	187500 m2t
	m2 total:	562500 m2t
FLOOR AREA (M2) Public space of relationship. Planning Regulation.	Public space of relationship: 6 m ² /inhab	67500 m2 area: 23% area
	Road: (28.6 m2s x houses)	107250 m2 area: 36% area
	Equipments: 1.945 m2/hab	21880 m2 area: 8% area
	Occupation: Residential+Tertiary	103370 m2 area: 33% area
CITY MODEL	Average height of building	5.44 heights PB+V

recomendado por el Reglamento de Planeamiento vigente (R.D. 2159/1978, de 23 de junio) de 6 m²/hab.

Con ello podemos aumentar la población (y consecuentemente la densidad), con lo que podemos obtener un tejido compacto más homogéneo, con un porcentaje de edificación - espacio libre del 41% frente al 59%.

En el reparto propuesto para iniciar el proceso de revitalización de un entorno urbano, una vez determinada la población y su densidad, debemos conseguir un reparto homogéneo del espacio de relación, aprovechando la fuerza de las aceras como elemento urbano multifuncional, para evitar la aparición de espacios frontera dentro del núcleo.

La estrategia de revitalización consiste en recuperar espacios para el peatón. Proponemos:

- Transformar viales rodados exclusivos en intervías (vías de uso preferentemente peatonal).
- Suprimir plazas de aparcamiento en calzada trasladándolas a pequeños aparcamientos disuasorios separados entre sí una distancia máxima de 400 metros.
- Reutilizar en las parcelas privadas el espacio libre de aparcamiento como espacio de relación.

Conclusiones

Para la regeneración de cualquier tejido, necesitamos un análisis global, más allá de una superposición de datos lineales, análisis SIG⁽ⁱⁱⁱ⁾. Solo desde una visión compleja del territorio podemos buscar las medidas complementarias que de manera gradual se integren en la ciudad, revitalizándola y recuperándola para sus ciudadanos.

En este proceso es fundamental combinar los diferentes elementos que estructuran el espacio urbano de una manera viable:

- Concentrando la masa poblacional necesaria para lograr la densidad y complejidad funcional que nos garantice un tejido compacto y diverso.
- Respondiendo a las necesidades de espacio de relación de los habitantes del núcleo de una manera equilibrada, evitando los problemas que suponen para la continuidad del tejido y su mantenimiento los espacios libres desproporcionados.
- Organizando el tejido en Unidades Urbanas a escala del peatón. Respondiendo así a las necesidades de la ciudadanía compaginando la **ciudad cómoda individual** con el **espíritu sostenible común**.

strength of sidewalks as a multifunctional urban element, to avoid border areas inside the polinucleo.

Revitalization strategy consists of recovering spaces for pedestrians. We propose:

Exclusive rolled vials become intervías (use preferably pedestrian routes).

Eliminate road parking moving to small deterrent parkings separated between a maximum distance of 400 metres.

Reuse in private plots free parking space for relationship space.

Conclusions

To regenerate any urban structure, we need a global analysis, beyond a linear data, analysis SIG⁽ⁱⁱⁱ⁾. Only from a complex vision of the territory, we can seek complementary measures that gradually be integrated into the city, revitalizing it and recovering it to its citizens.

In this process, it is essential to combine the different elements that structure urban space in a viable manner:

Concentrating the population mass needed to achieve the functional density and complexity that guarantees us a compact and diverse urban structure.

Responding to the needs of space of relationship of the inhabitants of the polinucleos in a balanced way, avoiding the problems posed for the continuity of the development and its maintenance, disproportionate free spaces.

Organizing development in Urban Units at the pedestrian scale. Responding to the needs of citizens combining **individual comfortable city** with the **common sustainable spirit**.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

1. RAVETZ, Joe. The city-region in time and space: Analysis of regional spatial planning and decisión-making strategies, and their impact on land use in the urban fringe. Manchester, 2008.
2. Programa Hábitat. Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos. Estambul, 1996.
3. ALEXANDER, Christopher. La Ciudad no es un árbol. En Cuadernos suma-nueva visión, nº20, p.20-30. Buenos Aires: Ediciones Visión, 1968
4. BERGHAUSER, Meta; HAUPT, Per. Space, Density and Urban Form. Netherlands: Meta Berghause Pont and Per Haupt, 2009.
5. LEFEBVRE, Henri. Quartier et vie de quartier. París: Cahiers de la I.A.U.R.P, nº VII, 1967.
6. JONES, Daniel; WOMACK, James. Lean Thinking. Barcelona: Ediciones Gestión 2000, 2012.
7. ALEXANDER, Christopher. Un lenguaje de patrones. Colección Arquitectura y Perspectiva. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1980.
8. ROGERS, Richard. Towards an Urban Renaissance. London: Urban Task Force, 1999.
9. RUEDA, Salvador (dir). Guía Metodológica para los sistemas de auditoría, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano. Madrid: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2012.
10. HERNÁNDEZ, Agustín (dir). La ciudad de los ciudadanos. Madrid: Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, 1997.
11. JACOBS, Jane. Muerte y vida de las grandes ciudades. Madrid: Capitán Swing Libros, S.L., 2011.
12. RUEDA, Salvador. El ecosistema urbano y los mecanismos reguladores de las variables autoregenerativas. En Estudios territoriales, ciudad y territorio, nº 100-101. Madrid: MOPTMA, 1994.

Identificación de las áreas rurales. Metodología y el caso del País Vasco

Identifying rural areas. Methodology and the Basque Country case

Itxaso Molinero Aguirre¹, J.Cenicacelaya Marijuan¹, J.Allende Landa²

RESUMEN

En este trabajo se presenta una nueva metodología para identificar y clasificar las áreas rurales de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV).

Las áreas rurales se han situado tradicionalmente en un segundo plano respecto a las urbanas, y esta diferencia queda patente desde su propia definición: lo rural es aquello que no es urbano. Desde la Estrategia Territorial Europea (ETE 2011) se valora su interdependencia destacando la necesidad de una nueva relación urbano-rural orientada a conseguir un desarrollo sostenible de las regiones, para lo cual es necesario obtener más información sobre éstas áreas, de cara a llevar a cabo políticas de cohesión e interrelación con las áreas urbanas.

Para estudiar las áreas rurales se ha considerado necesario definir primero qué características tienen y cómo funcionan. Para ello, y dado que las dinámicas territoriales varían enormemente en función de múltiples factores relacionados en gran medida con su localización, se ha utilizado para la aplicación práctica en este trabajo la Comunidad Autónoma del País Vasco.

Se considera que la densidad de población, a pesar de ser el indicador tradicionalmente utilizado para delimitar un área rural, es insuficiente, y por esto, se ha estudiado una nueva metodología de identificación de áreas o zonas rurales mediante el cruce de información cartográfica y poblacional, con otros valores de tipo económico y urbanístico.

Se han explorado diferentes indicadores para conseguir una clasificación de las áreas o zonas rurales del territorio de la CAPV. Para llegar a esto, se ha evaluado la adecuación de distintos indicadores territoriales y económicos, y se han analizado los resultados teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, el funcionamiento de cada zona.

Se ha trabajado partiendo de todo el ámbito territorial de la CAPV en dos fases: Primero se han aplicado criterios sectoriales, para después tomar de manera simultánea los diferentes indicadores económicos y urbanísticos.

Tal y como se esperaba, se ha podido constatar que los factores de densidad poblacional no son suficientes para catalogar un territorio como rural, ya que una baja densidad se puede dar con independencia de otros valores territoriales de carácter rural.

Paralelamente se ha observado que los límites administrativos no son de utilidad a la hora de establecer los límites de una zona o medio rural, ya que lo habitual es que la mezcla, con la consiguiente dependencia e interacciones entre ambos, se dé de manera natural.

Por ello, se concluye que la introducción de indicadores de tipo multidisciplinar aporta información fundamental para la caracterización de las diferentes áreas rurales de un territorio, así como para obtener datos relevantes de su funcionamiento.

Palabras clave: Clima urbano, confort térmico, planificación urbana, modelización, mediciones

Key words: Urban climate, thermal comfort, urban planning, modelling, measurements

(1) ETS de Arquitectura UPV/EHU, Departamento de Arquitectura, San Sebastián, España. (2) Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Economía Aplicada, E: itxaso.molinero@ehu.es

Introducción

Tradicionalmente las áreas rurales se encontraban fuera de las ciudades, pero desde que la ciudad eliminó sus murallas, su conquista del territorio ha resultado en una gradación de asentamientos de características mixtas en donde lo rural (y lo natural) ha evolucionado. Estas interacciones entre ciudad-campo se denominan de múltiples maneras: hinterland de ciudad-región, área peri urbana, "ex urbs", frontera urbana o "urban fringe", conurbación, etc., lo que resulta en una confusión de términos (1).

Desde la Agenda Territorial Europea (ATE 2020) se subraya la necesidad de potenciar la cohesión territorial en todas las recomendaciones, adaptando las políticas a cada lugar concreto, y haciendo hincapié en las particularidades de cada región, como potencialidad de cohesión social y territorial (2). En ella se define la estrategia a seguir para alcanzar un crecimiento inteligente, sostenible, e integrador, y dicho crecimiento sólo puede ser alcanzado si la dimensión territorial de la estrategia es tenida en cuenta, ya que las oportunidades de cada región varían. Además, apunta que para conseguir un desarrollo territorial sostenible es necesario realizar un enfoque coordinado, integral.

Por su parte, la Estrategia Territorial Europea elabora tres objetivos fundamentales: el desarrollo de un sistema urbano policéntrico y una nueva asociación urbano-rural; asegurar la paridad del acceso a infraestructuras y al conocimiento; y el desarrollo sostenible y la protección del patrimonio natural y cultural (3).

En la línea del primer objetivo de la ETE, Rees y Wackernagel (4) coinciden en que "ninguna ciudad o región puede alcanzar la sostenibilidad por sí misma", siendo un prerequisite para ello el uso sostenible del "hinterland" global.

A nivel nacional el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) ya recogía que la "calidad de vida de las zonas urbanas pasa por la sostenibilidad del medio rural", siendo el habitante rural la variable central de dicha sostenibilidad, ya que es el encargado de mantener los procesos funcionales de dichas áreas. A este respecto, el despoblamiento se convierte en el mayor riesgo de estas zonas, lo que supone, además, que la inversión en servicios y equipamientos no sea rentable, lo que disminuye aún más la calidad de vida del habitante rural (5).

De cara a comprender la situación de las áreas rurales y su interacción con las áreas urbanas, es necesario identificar cuáles son sus características y determinar su funcionamiento. La falta de definición cualitativa y cuantitativa dificulta la identificación y clasificación de las áreas rurales, necesaria por otro lado para conocer los flujos de interacción con las áreas urbanas y la evolución del territorio a nivel más regional. Esto se debe principalmente a que las características de un área rural dependen en gran medida del lugar, englobando condicionantes de tipo climático y orográfico, cultural y patrimonial, natural y ecológico, y de políticas de desarrollo, entre otros muchos factores.

En términos cuantitativos, la densidad de población es el indicador más utilizado para identificar las áreas rurales. Sin embargo, los límites administrativos o territoriales a los que se aplican difieren según el organismo.

Así, la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) considera los municipios como rurales si su densidad de habitantes/km² es inferior a 150 (6). También clasifica las regiones en función del porcentaje

Introduction

Traditionally rural areas were located outside cities or towns, but since the elimination of its walls, the territory conquer has resulted in a gradation of settlements of mixed characteristics where rural (and natural) has evolved. This city-countryside interactions are called in many different ways: city-region hinterland, peri urban areas, "ex urbs", urban fringe, conurbation, etc, which results in a confusion of terms (1).

The European Territorial Agenda (ETA 2020) highlights the need of empowering territorial cohesion in all its recommendations, adapting policy to every particular place, emphasizing each region's particularities, as a way of potentiating social and territorial cohesion (2). It is defined a strategy to achieve a smart, sustainable, and inclusive growth, and refers that it can only be achieved if territorial dimension of the strategy is taken into consideration, since each region's opportunities vary. Furthermore, it suggests that to reach a sustainable territorial development it is necessary to have a coordinated, integrative approach.

Meanwhile, the European Territorial Strategy has three main objectives: to develop an urban polycentric system and a new urban-rural association, to ensure the parity of accessing to infrastructures and knowledge, and the sustainable development and protection of natural and cultural heritage (3).

In line with ETS' first objective, Rees and Wackernagel (4) agree that "no urban area or region can achieve sustainability on its own", being a prerequisite the sustainable use of the global hinterland.

At a national level the Spanish Sustainability Observatory (OSE) did recognize that "the quality of life in urban areas passes through the sustainability of the countryside", being the rural residents the key variable of the sustainability, as they are responsible for maintaining the functional processes of these areas. Regarding to this, the depopulation becomes the mayor risk of these areas, which also means that the inversion on services and facilities is not profitable, diminishing even more the quality of life of the rural inhabitants (5).

In order to understand the situation of rural areas and the interaction with urban zones, it is necessary to identify which are their characteristics and determine their functioning. The lack of qualitative and quantitative definition hinders the identification and classification of rural areas, which is necessary to know the interaction flows with urban zones, and the territory evolution at a regional level. This is mainly due to the fact that the rural characteristics depend much on the place, including climate and orography factors, cultural and heritage conditionings, natural and ecological characteristics, and development policy factors, among others.

In quantitative terms the population density is the most utilized indicator to identify rural areas. However, the administrative or territorial boundaries to which they are applied differ depending on the institution.

Thus, the OCDE (Organization for Economic Co-operation and Development) considers municipalities as rural if their population density is under 150 inhabitants per square kilometer (6). It also classifies the regions according to the percentage of people living in rural municipalities (or boroughs):

- Predominantly Rural Region: Over 50% of inhabitants

de personas viviendo en municipios rurales:

- Región Predominantemente Rural: más del 50% de habitantes en municipios rurales
- Región Intermedia: 15-50% de la población vive en municipios rurales
- Región Urbana: Menos del 15% de habitantes vive en municipios rurales

Por otro lado, en la UE, el Eurostat (7), utiliza el "grado de urbanización" para diferenciar zonas, aunque sin llegar a identificar la baja densidad con zonas rurales:

- Zonas densamente pobladas: más de 500 hab/km², y al menos 50.000 habitantes
- Zonas intermedias: Unidades locales que no perteneciendo a zona densamente pobladas tiene una densidad superior a 100 hab/km², y población inferior a 50.000 habitantes.
- Zonas poco pobladas: densidad menor de 100 hab/km² y menos de 50.000 habitantes.

En España, el INE (Instituto Nacional de Estadística) clasifica los municipios en función del número de habitantes (citado por OSE (5)):

- Municipio rural: Municipios con menos de 10.000 habitantes
- Zona rural: Entidades con menos de 2000 habitantes
- Zonas intermedias: Entidades entre 2000-9999 habitantes
- Municipio urbano: más de 10.000 habitantes

Por otro lado, la Ley de Desarrollo Sostenible del Medio Rural (Ley 45/2007) establece las siguientes definiciones (8):

- Medio rural: Espacio geográfico formado por las agregación de municipios o entidades locales menores definido por las Administraciones competentes con una población inferior a 30.000 habitantes y una densidad menor de 100 habitantes /km².
- Zona rural: Ámbito de aplicación de las medidas derivadas de los Programas de Desarrollo Rural Sostenible, establecido por la CCAA competente.
- Municipio rural de pequeño tamaño: población inferior a 5000 habitantes, que esté integrado en un medio rural.

De esta manera se pueden clasificar regiones, zonas, municipios, y medios como rurales o de baja densidad, dependiendo de la metodología utilizada. Esta falta de consenso en la definición cuantitativa de la densidad de población es extrapolable a otros indicadores, ya que las particularidades de cada territorio dificultan la puesta en común de criterios objetivos aplicables.

Objetivo y enfoque

El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología de identificación de las áreas rurales de un territorio. Este es un objetivo bastante amplio, especialmente si se tiene en cuenta que la propia definición de lo que es un área rural no está consensuada, en gran medida por la dependencia del lugar. Por lo que la metodología se basa en el caso concreto de la Comunidad Autónoma del País Vasco, ya que por una parte permite acotar el ámbito de estudio, y por otra proporciona la información cartográfica y estadística necesaria para el propósito de este trabajo.

living in rural municipalities

Intermediate Region: 15% to 50% of the population living in rural municipalities

- Urban Region: Under 15% of inhabitants living in rural municipalities.

On the other hand, in the EU, Eurostat (7), uses the Urbanization Degree to differ zones, although it does not identify low density with rural:

- Densely populated areas: More than 500 inhabitants per square kilometer, and minimum 50,000 inhabitants
- Intermediate areas: Local entities that not belonging to densely populated areas have a density over 100 inhabitants per square kilometer, and under 50,000 inhabitants
- Thinly populated areas: Under 100 inhabitants per square kilometer, and under 50,000 inhabitants.

In Spain, the National Institute of Statistics (INE) classifies the municipalities depending on the number of inhabitants (quoted by OSE (5)).

- Rural municipality: Under 10,000 inhabitants
- Rural area: Local entities under 2,000 inhabitants
- Intermediate area: Local entities between 2,000 and 9,999 inhabitants
- Urban municipality: Over 10,000 inhabitants

On the other hand, the Law for Sustainable Development of the Countryside (45/2007 Law of the Spanish Government) establishes the following definitions (8):

- Countryside: Geographical space formed by the aggregation of municipalities or local entities defined by the competent Authorities with a population under 30,000 inhabitants and a population density under 100 inhabitants per square kilometer.
- Rural area: Scope of the measures derived from the Sustainable Rural Development Programs, established by the competent Autonomous Communities.
- Small rural municipality: Under 5,000 inhabitants, integrated in Countryside.

Thus, regions, areas, and municipalities can be classified as rural or low density, depending on the chosen methodology. This lack of consensus on the quantitative definition of population density can be extrapolated to other indicators, as the particularities of territory hinder the sharing of objective applicable criteria.

Objective and scope The aim of this work is to develop a methodology of identifying rural areas in a territory. This is quite a broad objective, especially when the very definition of rural areas is non consensual, mainly for the great dependence on the place. This is why the methodology is based on the case of the Basque Country Autonomous Community, as in one hand it allows to frame the scope of study, and on the other it provides the cartographic and statistical data necessary for the aim of this work.

Besides, the work presented has a transdisciplinary approach, so the indicators used are multidisciplinary. This way, an integral approach of rural areas of the analyzed territory is achieved.

In the proposed analysis orographical and climate factors are omitted deliberately. The hypothesis for further works

Además, el enfoque es transdisciplinar, de manera que los indicadores utilizados son multidisciplinares. De esta manera, se consigue un enfoque integral de las áreas rurales del territorio analizado.

En el análisis propuesto se omiten de manera deliberada los condicionantes orográficos y de clima. Se parte de la hipótesis para futuros trabajos de que el mapa resultante de la aplicación de la metodología propuesta reflejará los condicionantes climáticos y de orografía, ya que el funcionamiento de las áreas rurales se suele dar alrededor de los fondos de valle, y los tipos de asentamiento suelen responder a las características climáticas del territorio.

Datos e indicadores

La fuente principal de información para este trabajo ha sido la base cartográfica del Gobierno Vasco (9) y la información estadística del Eustat (10). Se han recogido mapas de la CAPV por municipio y por entidad de población, así como tablas estadísticas de población y de indicadores de sostenibilidad.

Las fuentes principales de información son el Eustat, la base cartográfica del Gobierno Vasco, y la aplicación Udalmap. Los datos utilizados son los siguientes:

-Área (km²): obtenida de los mapas de la página web de Geoeuskadi, que es la infraestructura de datos espaciales de Euskadi (base cartográfica).

-Población total por EP: población por hombres y mujeres, y el sex ratio (h/m), población por grupos de edad en % (los grupos de edad se dividen en 0-18 años, 19-64, y 65 en adelante). Esta información se ha obtenido de los datos del Eustat.

-Porcentaje de población mayor de 16 años dedicada al sector agropesquero (SAP). Es un dato obtenido de la aplicación de Udalmap (11), con datos del Eustat, y según su ficha metodológica se calcula:

$$\left(\frac{\text{Población ocupada en el SAP}}{\text{Población total ocupada}}\right) \times 100$$

-Porcentaje del VAB (Valor Añadido Bruto) del SAP respecto del VAB total del municipio (11). Este valor se obtiene de la aplicación Udalmap, y representa "el valor nuevo creado en el proceso productivo durante el periodo considerado". Se calcula:

$$\left(\frac{\text{VAB del SAP}}{\text{VAB municipal total}}\right) \times 100$$

- Superficie residencial, que incluye el suelo urbano, urbanizable y no urbanizable. Es un dato obtenido del Eustat, de ámbito municipal.

- Número de viviendas en suelo residencial. Es un dato municipal del Eustat, donde se tiene en consideración todas las viviendas, incluidas las existentes, las que están en ejecución, y las que tienen licencia.

- Superficie de suelo residencial (Ha). Es un dato municipal obtenido del Eustat, donde se incluye la superficie de suelo urbano, urbanizable y no urbanizable.

DESARROLLO DE METODOLOGÍA

Se entiende que un medio rural a efectos funcionales, no tiene porqué circunscribirse a unos límites municipales. Sin embargo, la obtención de información cartográfica y estadística ha de referirse a un término concreto. La unidad más pequeña de la que halla información cartográfica y estadística necesaria, al menos a nivel de poblacional, es la

is that the resulting map from the application of the methodology will reflect the climatic and orographical conditionings, as the functioning of rural areas is usually taken place at valley bottoms, and the types of settlements usually respond to climatic characteristics of the territory.

Data sources and indicators

The main source of data for this work is the cartographic data source of the Basque Government (9) and the statistical information from the Eustat (10). Maps of the Autonomous Community of the Basque Country have been collected by municipality and by local population entity, as well as statistical population figures and sustainability indicators.

The main sources of information have been the Eustat, the cartographic database of the Basque County Government, and the Udalmap application. The following data is been used:

- Area (km²): obtained from the maps of the Geoeuskadi webpage, which is the spatial data infrastructure of Euskadi (cartographic database).

- Total population by local population entity (LPE): male and female population, sex ratio, population according to age groups by percentage (groups are divided in 0 to 18, 19 to 64, and over 65 years of age). This information is obtained from the Eustat data source.

Population over 16 years old devoted to the agriculture and fisheries sector (AFS) by percentage. It is obtained from the Udalmap application (11), with Eustat data, and according to its methodological record it is calculated:

$$\left(\frac{\text{Employed population in the AFS}}{\text{Total employed population}}\right) \times 100$$

- Percentage of GVA (Gross Value Added) of the AFS regarding the total municipal VAB (11). This value is obtained from the Udalmap application, and it represents the "new value created in the production process during the considered period". It is calculated as follows:

$$\left(\frac{\text{GVA of AFS}}{\text{Total municipal GVA}}\right) \times 100$$

- Residential area, which includes the urban, developable and undevelopable land. It is a municipal data obtained from the Eustat.

- Number of dwellings on residential land. It is a municipal data from Eustat, where all dwellings are taken into consideration, including the existing, those that are being executing, and those that are licensed.

- Residential land area (Ha). It is a municipal data from Eustat, where the urban, developable and undevelopable land is considered.

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY

It is assumed that a rural area need not be confined to municipal boundaries. However, cartographic and statistical data is referred to particular limits. The smallest unit which offers the cartographic and statistical needed data, at least at a population level, is the local population entity (LPE).

In order to obtain data closer to the reality of the territory, it is worked as long as data permits, with population entities and, if possible, the municipal data is weighted with the population or area of LPE with the purpose of operatin

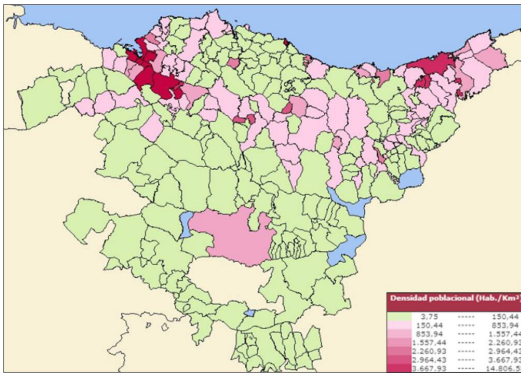


Fig. 1. Densidad de población (hab/km2) por municipio. Fuente: Udalmap, 2013.

Population density (inhab/km2) per municipality. Source: Udalmap, 2013.

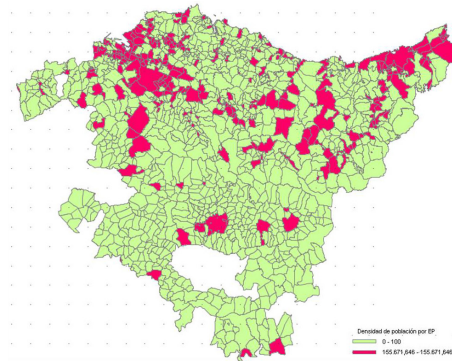


Fig. 2. Densidad de población (hab/km2) por entidad de población. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Population density (inhab/km2) per local population entity. Source: Prepared by the authors, 2014.

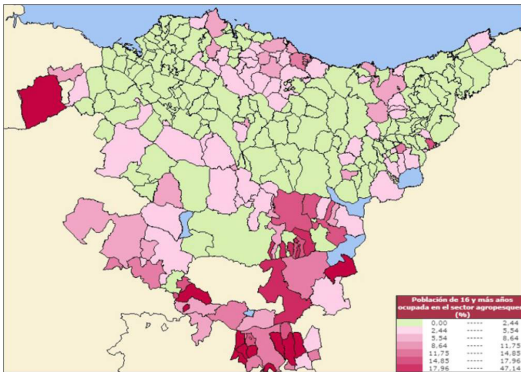


Fig. 3. Porcentaje de población mayor de 16 años dedicada al sector agropesquero. Fuente: Udalmap, 2010.

Population over 16 devoted to the agriculture and fisheries sector by percentage. Source: Udalmap, 2010.

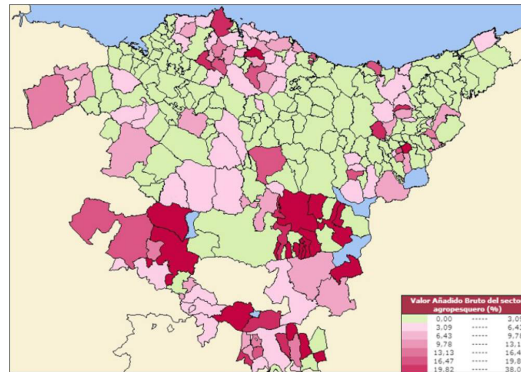


Fig. 4. Porcentaje del Valor Agrario Bruto del sector agropesquero. Fuente: Udalmap, 2010.

GVA of the agriculture and fisheries sector by percentage. Source: Udalmap, 2010.

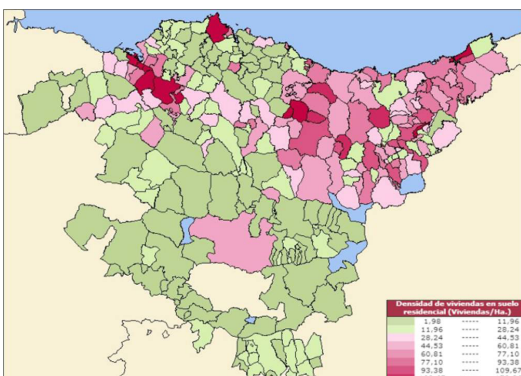


Fig. 5. Densidad de viviendas en suelo residencial (viv/Ha) por municipio. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Density of dwellings in residential land (dwellings/hectare) per municipality. Source: Prepared by the authors, 2014.

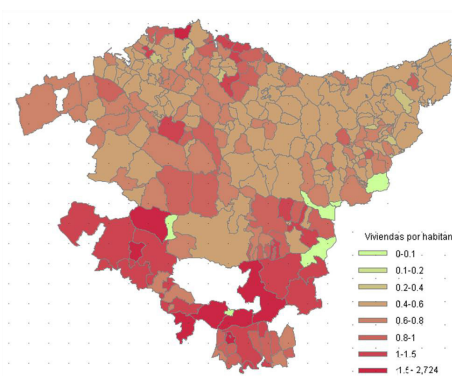


Fig. 6. Viviendas por habitante por municipio. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Dwellings per inhabitants per municipality. Source: Prepared by the authors, 2014.

entidad de población (EP).

De cara a obtener datos más cercanos a la realidad del territorio, se trabaja, siempre que los datos lo permiten, con las entidades de población y, si es posible, se ponderan los datos municipales con la población o el área de las EPs para poder operar con dichos valores. En caso de que esto no fuera posible se aplica el indicador municipal.

La metodología se divide en dos fases: La primera es un análisis sectorial de indicadores, y la segunda una elaboración de rangos para la clasificación multisectorial basados en los resultados de la primera.

Desde el punto de vista poblacional se analiza la densidad de población a escala municipal (Fig.1) y por entidad de población (Fig.2), así como la población total de cada una de ellas.

En relación con los datos económicos, se realiza una clasificación en relación al porcentaje de población dedicado al sector agropesquero (Fig.3), y al Valor Añadido Bruto del sector agropesquero (Fig.4).

En base a los indicadores urbanísticos se realiza una clasificación en relación al número de viviendas por superficie residencial (Fig.5), y al número de viviendas por habitante (Fig.6).

with those values. If not possible municipal indicators are applied.

Methodology is divided in two phases: First, a sectorial indicator analysis, and second, an elaboration of ranks for the multi sectorial classification based on the results of the first.

From the population point of view, the population density is analyzed by municipality (Fig.1) and by LPE (Fig.2), as well as the total population of each.

Relating to economic data, a classification is made concerning the percentage of employed population devoted to the AFS (Fig.3), and the GVA of the AFS (Fig.4).

Based on urban indicators a classification is made according to the number of dwellings per residential areas (Fig.5), and to the number of dwellings per inhabitant (Fig.6).

For the second phase, the ranks of each sector are studied in order to introduce them into the general classification. To do so, the number of existing cases in the study area is counted, and those non existing situations are discarded (Fig.8). This way, the ranks by sector are obtained to introduce them into the general classification, where

Fig. 8. Estudio de rangos del castor económico. En filas los rangos para la PaSAP, y en columnas el VAB-SAP, se contabiliza el número de casos existentes y no existentes. Fuente: Elaboración propia, 2014.

Study of ranks for the economic sector. Population devoted to AFS (%) in rows and GVA of AFS (%) in columns, the number of existing and non existing situations is counted. Source: Prepared by the authors, 2014.

En la segunda fase² se estudian los rangos por cada sector para introducirlos a la clasificación general. Para ello se contabiliza el número de casos existentes en el ámbito de estudio (CAPV) para cada rango de valores, y se descartan aquellos inexistentes³ (Fig.8). De esta manera se obtienen los rangos por sector para introducirlos en la clasificación general, donde los valores económicos entran por rangos en filas, y los valores urbanísticos en columnas. Se aplican estos rangos a las entidades de población de densidad inferior a 100 habitantes por kilómetro cuadrado, y se obtiene una clasificación general de las áreas no urbanas de la CAPV.

Análisis y discusión

En el desarrollo de esta metodología se han dado una serie de limitaciones en cuanto a los indicadores utilizados, así como a los límites administrativos a los que se aplican.

Al aplicar el indicador de densidad de población, se aprecia una gran diferencia de superficie entre tomar de referencia divisiones municipales o por entidad de población. El resultado refleja que dentro de un mismo municipio la distribución de la población no es constante, lo que deja a poblaciones o barrios de carácter no urbano invisibles a efectos de clasificar el territorio. Por esta razón, y de cara a aplicar los otros dos indicadores sectoriales, se toma como límite la entidad de población.

Los indicadores económicos de población mayor de 16 años dedicada al sector agropesquero (PaSAP) y valor añadido bruto del sector agropesquero (VAB-SAP) están referidos al ámbito municipal, y para relacionarlos con las entidades de población se ha estudiado la ponderación por número de habitantes. Sin embargo, no se ha considerado apropiada ya que a mayor población, resultaría un mayor número de personas dedicadas al SAP, lo que no siempre se corresponde con la realidad. En el caso del VAB-SAP ocurre lo mismo, y además, entra en juego en el porcentaje otros sectores de actividad que hacen variar el porcentaje de VAB-SAP. Es por esto que estos dos indicadores se aplican por igual a todas las EPs de cada municipio.

En cuanto a los indicadores urbanísticos, se realiza la ponderación en función del número de habitantes. Para ello, se toma la relación de viviendas por habitante como constante en todo el municipio (ya que no se tienen datos del número de viviendas por EP), y se ponderan las viviendas por hectárea en función de los habitantes de cada EP (Fig.7). Este indicador (densidad de viviendas en suelo residencial) es de gran interés, puesto que aporta una idea del tipo de asentamiento de cada EP.

Como complemento a la metodología se propone caracterizar las áreas rurales sumando a la clasificación final indicadores de comunicación/aislamiento y de equipamientos, así como el de densidad de viviendas en suelo no urbanizable (dato disponible únicamente por municipio). Esto caracterizaría la dispersión de los asentamientos en suelo no urbanizable, y también daría información acerca de la calidad de vida de los habitantes.

CONCLUSIÓN

Con el análisis realizado en la primera fase, se ha podido observar que el criterio de densidad de población no es determinante para saber si un área en concreto es rural o no. La ruralidad de una zona no se puede separar del uso del territorio, lo que se transfiere al tipo de asentamiento y

the economic values are shown in rows by ranks, and urban values in columns. These ranks are applied to the local population entities with less than 100 inhabitants per square kilometer, and as a result a classification of the non urban areas of the Basque Country Autonomous Community is obtained.

	paSAP							
VAB-SAP		0-0,5	0,5-1	1-2	2-3,5	3,5-5	5-10	10-50
0-0,2	90	83	28	2	0	0	0	0
0,2-0,5	37	66	28	5	0	1	0	0
0,5-1	0	82	57	35	0	0	0	0
1-2	9	7	27	22	15	5	0	0
2-5	8	9	88	57	70	48	22	0
5-10	1	0	9	40	22	61	17	0
10-20	0	0	1	26	3	68	48	0
20-50	0	0	0	0	0	10	36	0

Analysis and discussion

Along the development of this methodology several limitations have taken place regarding indicators and boundaries.

When applying the population density indicator, great difference on rural area is appreciated depending on taking municipal limits or LPE as a reference. Results reflect that population distribution is not uniform within a municipality (or borough), and non urban towns or neighborhoods remain invisible when classifying the territory. This is why the LPE are taken as boundary in order to apply the rest of the sectorial indicators.

The economic indicators of population over 16 devoted to the AFS and GVA of the AFS are referred to the municipal boundary, and relating them to the local population entities (weighting by the number of inhabitants) has been studied. However, it has been considered inappropriate since the more population, the more people devoted to the AFS, and this does not correspond to reality. In the GVA case same thing happens and other economic sector's value in the local economy play also a role when measuring the VAG percentage for the agricultural and fishing sector. This is why both indicators are applied uniformly for the whole municipality.

Concerning urban indicators, weighting is made based on the number of inhabitants. In order to do so, the number of dwellings by inhabitant is considered constant on the whole municipality (as there is no data on the number of dwellings by LPE), and dwellings are weighed by hectare based on the number of inhabitants by LPE (Fig.7). This indicator (dwellings density on residential land) is of great interest, since it gives an idea of the type of settlement of each LPE.

Complementary to this methodology it is proposed to characterize the rural areas adding communication/isolation and public facilities indicators, as well as that of density of dwellings on undeveloped land (available data only at municipal level) to the final classification. This would characterize dispersion of the settlements on undeveloped land, and would also give information on the quality of life of the inhabitants.

CONCLUSION

On the first phase analysis it has been observed that the density criterion is not determinative of whether a specific area is rural or not. The rurality of an area cannot be separated from the use of the territory, which is transferred

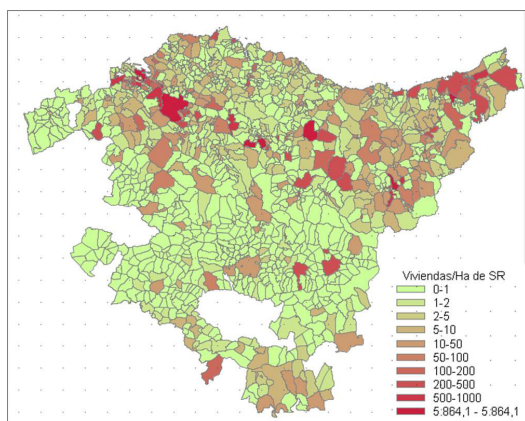


Fig. 7. Densidad de viviendas en suelo residencial (viv/Ha) por entidad de población. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Density of dwellings in residential land (dwellings/hectare) per local population entity. Source: Prepared by the authors, 2014.

la importancia del sector agropesquero.

Por otra parte, la metodología propuesta permite identificar las áreas rurales (no urbanas) en función de indicadores multidisciplinares, si bien es cierto que para otros casos los límites de los indicadores variarán, y es posible que fuera necesario introducir algún indicador diferente para la clasificación basado en las particularidades del territorio.

Se han encontrado poco detallados los indicadores disponibles, echándose en falta información por entidad de población como por ejemplo el de densidad de viviendas en suelo no urbanizable, número de viviendas y clasificaciones de suelo.

to the type of settlement and the importance of the agriculture and fisheries sector.

On the other hand, the methodology developed allows to identify rural (non urban) areas based on multidisciplinary indicators, which for other case studies the limits of indicators would vary, and it may be necessary to introduce other different indicator for the classification based on the particularities of the territory.

Available data and indicators are found slightly detailed, missing indicators related to local population entities such as the number of dwellings on undeveloped land, the global number of dwellings and the land classification.

NOTAS / NOTES:

(1)Para las operaciones de esta primera fase se ha utilizado información cartográfica de las entidades de población, así como información estadística en forma de tablas. El cruce se ha realizado utilizando el programa gvSIG 2.0.0.

In this first phase cartographic data of the local population entities and statistic data has been used to operate. The crossing of data has been done using gvSIG 2.0.0 program.

(2)Para esta segunda fase el cruce de información se ha utilizado una hoja de cálculo (Excel), así como un sistema de gestión de bases de datos (Access).

In this second phase a worksheet (Excel) and a database management (Access) have been used for the data crossing.

(3)Los valores de los datos económicos se basan en los máximos y mínimos registrados en los municipios de la CAPV. De esta manera, el porcentaje mínimo de población en edad laboral dedicada al sector agropesquero está entre el 0% y el 47.14%. Así mismo, el porcentaje del valor añadido bruto del sector agropesquero en la CAPV se encuentra entre 0% y el 39.73%, según datos de Udalmap.

En cuanto a los valores de tipo urbanístico y de ocupación, la densidad de viviendas en suelo residencial se encuentra entre 0 y 5864.1 viviendas por hectárea de suelo residencial, y las viviendas por habitante se encuentran entre 0 y 2.72 viviendas por habitante.

The economic values are based on the maximum and minimum registered on the municipalities of the Basque Country Autonomous Community. In this manner, the minimum percentage of employed population devoted to the agriculture and fisheries sectors is between 0 and 47.14%. Therefore, the percentage of the GVA of the AFS is between 0 and 39.73%, according to Udalmap database.

Regarding urban indicators the density of dwellings on residential land is between 0 and 5864 dwellings per hectare and the dwelling per inhabitant are between 0 and 2.72 dwellings per inhabitant.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

- (1) Hoggart, K. 2005. "The City's Hinterlands. A Dynamism and Divergence in Europe's Peri Urban Territories". Ed. Ashgate, Aldershot, UK. ISBN:0-7546-4344-1.
- (2) "Hacia una Europa más competitiva y sostenible de regiones diversas". 2007. Agenda territorial de la Unión Europea. Acordada en la Reunión informal de ministros sobre desarrollo urbano y cohesión territorial en Leipzig.
http://www.ecourbano.es/imag/REF%20Agenda%20Territorial_UE.pdf
- (3) "Europa 2020: Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible, e integrador". 2010, Comisión Europea.
http://ec.europa.eu/commission_2010-2014/president/news/documents/pdf/20100303_1_es.pdf
- (4) Rees, W., Wackernagel, M. 1996. "Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable- and why they are a key to sustainability?" *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 16, 223-248.
- (5) "Sostenibilidad local. Una aproximación urbana y rural." 2009. Observatorio de la Sostenibilidad en España.
http://www.urv.cat/media/upload/arxius/W-Catedra_DOW_URV/Informes%20VIP/ose_-_sostenibilidad_local_2009.pdf
- (6) "Defining and Describing Regions" 2011. OECD Regions at a Glance 2011, OECD Publishing.
http://dx.doi.org/10.1787/reg_glance-2011-4-en
- (7) Eurostat. Degree of urbanization classification (DEGURBA), Methodology.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/degree_urbanisation/methodology
- (8) "Ley 45/2007 del 13 de diciembre de 2007, para el desarrollo sostenible del medio rural". 2007. Gobierno de España.
<http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/14/pdfs/A51339-51349.pdf>
- (9) Geoeuskadi, Cartografía de la CAPV, Servicio FTP del Gobierno Vasco
<ftp://ftp.geo.euskadi.net/cartografia/>
- (10) Eustat, datos de población
http://www.eustat.es/estadisticas/tema_159/opt_0/ti_Poblacion/temas.html
- (11) Servicio Udalmap. Departamento de Hacienda y Finanzas, Gobierno Vasco.
<http://www.ogasun.ejgv.euskadi.net/r51-20876x/es/t64amVisorWar/mapa.jsp?lan=0>

Implantación de mejoras en la búsqueda del consumo energético casi nulo para edificios de viviendas ¿Intervenciones activas o pasivas?

Implementation of improvements searching for residential buildings with consumption almost zero energy. Interventions active or passive?

Dr. Faustino Patiño Cambeiro¹, Dr. Juan I. Prieto López², Dr. Javier Rodríguez Rodríguez¹, Dr. Itziar Goicoechea Castaño¹, Dr. Faustino Patiño Barbeito¹, María Fenollera Bolibar¹

ABSTRACT

Tras lo establecido en las directivas europeas, con el fin de lograr la reducción de emisiones, en donde se pretende alcanzar la idea de disponer edificios de consumo casi nulo. Se presenta un estudio de caso, para el cual se ha redactado y ejecutado un proyecto para la intervención en un edificio de viviendas existente. Edificio sobre el cual se han acometido actuaciones activas y pasivas, con el fin de lograr la reducción de los consumos cuya energía procederá de la utilización de una fuente de energías renovables diseñada para tal fin.

En el presente edificio colectivo de viviendas, se ha intervenido de forma pasiva mejorando por completo la envolvente de todo el inmueble, disponiendo diferentes sistemas de aislamientos, mejorando las transmitancias iniciales y eliminando la mayor parte de los puentes térmicos que presentaba. Por otro lado, de un modo activo, se ha intervenido en el sistema energético utilizando biomasa, reduciendo el consumo de este, por medio de la instalación de energía solar para producción de agua caliente.

Una vez ejecutadas y certificadas las mejoras propuestas, en el paper, se evalúan y analizan global e individualmente las inversiones realizadas con este objetivo y su amortización. Y, a partir de ellas, se van a extraer aquellas conclusiones que validen o cuestionen este tipo de intervenciones. Pudiendo discernir entre una mejor solución, de un modo activo o por el contrario pasivo, o bien, la utilización de ambas.

Palabras clave: Certificación-Energética, Mejoras-Activas, Mejoras-Pasivas, Consumo-casi-nulo

(1) Escuela de Ingenieros Industriales, Universidad de Vigo, (2) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de A Coruña, Universidad de A Coruña. E: faustinopc@uvigo.es

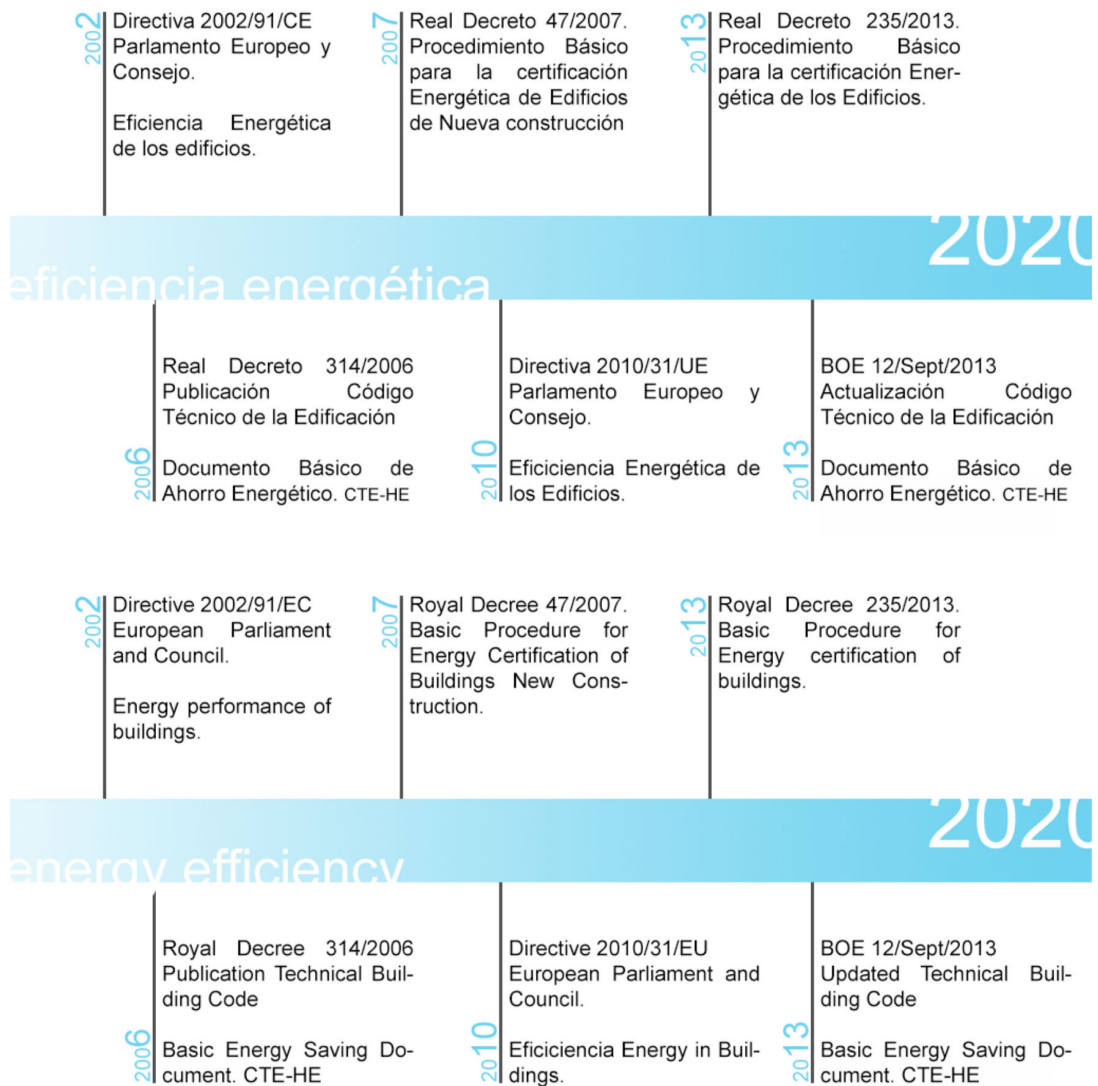
Introducción

En los últimos tiempos, se han empezado a valorar conceptos hasta ahora no contemplados en la construcción. Uno de ellos es el de la eficiencia energética. En un esfuerzo por combatir el cambio climático, la UE ha asumido la obligación de reducir sus emisiones de gases invernaderos. Dentro de la Unión Europea alrededor de 160 millones de edificios son responsables de aproximadamente el consumo de energía primaria, lo cual representa una considerable proporción de emisiones de CO2. La mayor parte de este consumo se utiliza para calefactar espacios, acaparando la vivienda el 71% de este calor. Lo que ilustra muy bien el potencial de ahorro energético y reducción de las emisiones de CO2 que se pueden derivar de la inversión en mejoras de las construcciones. (HOPPE, M. 2010)

Introduction

Recently, some concepts, till now not included in construction, have begun to be evaluated. One is the energy efficiency. In an effort to combat climate change, the EU has assumed an obligation to reduce their emissions of greenhouse gases. Within the European Union about 160 million buildings are responsible for about primary energy consumption, which represents a significant proportion of CO2 emissions. Most of this consumption is used for heating spaces, housing hogging 71% of this heat. This, illustrates very well the potential for energy savings and reduction of CO2 emissions that can be derived from investing in improvements of buildings. (HOPPE, M. 2010)

Fig. 1. Evolución de la normativa europea y española en referencia a la eficiencia energética en búsqueda del objetivo 20/20/20.
Evolution of European and Spanish legislation in reference to energy efficiency in search 20/20/20 Target.



Evolución marco normativo

El punto de partida de esta inquietud por reducir las emisiones de CO2, como es bien sabido, surge tras la reunión internacional establecida en Kioto en 1997. Europa decide no solo suscribir el acuerdo, si no que se erige como estandarte de lo allí planteado, haciendo lo posible por llegar a reducir las emisiones más de lo establecido. Como plan de acción en el año 2002, publica una directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios. En ella se pone

Evolution framework

The starting point of this concern in reducing CO2 emissions, as is well known, comes after the international meeting established in Kyoto in 1997. European decides not only sign the agreement, but it stands as a banner of the points made there, making efforts to reduce emissions to reach more than established. As a plan of action in 2002, published a directive on the energy performance of

de manifiesto la propuesta de la comisión por mejorar la eficacia energética, tomándose medidas específicas para el sector de los edificios. Medidas que han de tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales, así como el entorno ambiental interior y la relación coste-eficacia. Es por ello, que cada país miembro ha de adaptar lo establecido por la comunidad a sus intereses. Legislando la eficiencia energética de los edificios, debiendo calcularla con una metodología, que puede ser diferente a escala regional, comprendiendo no solo el aislamiento térmico sino también otros factores que desempeñan un papel cada vez más importante, tales como las instalaciones de calefacción y aire acondicionado, la utilización de fuentes de energía renovables y el diseño de los edificios.

La transposición de esta directiva al nacional español vino puesta en práctica con la publicación del código técnico de la edificación. Por medio del documento básico de ahorro de energía (HE) se establecen unos mínimos en cuanto a la demanda en refrigeración y calefacción de las nuevas construcciones y de aquellas reformas integrales. Y tras ello, un año más tarde, en 2007, se redacta por medio de un real decreto, el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Se califica por primera vez de un modo legislado, obligando a poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética. Certificado que ha de incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios de forma que se pueda valorar y comparar su eficiencia energética, con el fin de favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

Una vez puesto en marcha por los estados miembros, la directiva del año 2002, se produce una refundición de esta, publicándose la directiva 2010/31/UE del parlamento europeo y del consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios. Esta revisión se produce con el objetivo de alcanzar el compromiso a largo plazo de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2°C y el compromiso de reducir para 2020, las emisiones totales de gases de efecto invernadero en un 20% como mínimo, con respecto a los niveles de 1990 y de un 30% en el caso de lograrse un acuerdo internacional. Buscando con todo ello, la reducción del consumo de energía y un mayor uso de la energía procedente de fuentes renovables.

En esta refundición de la comisión europea en cuanto a la eficiencia de edificios, ya no se hace hincapié en la emisión de certificados solo para construcciones nuevas, si no que se ha de emitir un certificado de eficiencia energética para cualquier edificio o unidad de este que se pretenda vender o alquilar. De modo que al posible comprador o arrendatario se le proporcione información correcta acerca de la eficiencia energética, el impacto real de la calefacción y la refrigeración en las necesidades de energía del edificio, de su consumo de energía primaria y de sus emisiones de dióxido de carbono. Así como han de proporcionarse consejos prácticos de cómo mejorar la situación presente. Estableciéndose por otro lado un objetivo para el año 2020, el de que todos los edificios nuevos sean de consumo de energía casi nulo.

Normativa energética para edificios existentes. Real decreto 235/2013

La refundición de la directiva europea, hizo preciso transponer de nuevo al ordenamiento jurídico nacional las modificaciones que introduce con respecto a la directiva modificada. Si bien la transposición se podría haber

buildings. It is evident the Commission proposal to improve energy efficiency, taking specific measures for the buildings sector. Actions to be taken into account climatic and local conditions as well as indoor environmental surroundings inside and cost-effectiveness. Therefore, each member country has to adapt the provisions of community interests. Legislating the energy efficiency of buildings, and must calculate a methodology that may differ regionally, thermal insulation, other factors that play an increasingly important role such as heating and air conditioning paper comprising not only the use of renewable energy and building design.

The transposition of this directive into Spanish law, came with the publication of the Technical Building Code. Through the core document saving energy (HE) minimum established in the demand for heating and cooling in new buildings and those comprehensive reforms. And after that, a year later, in 2007, drawn by a royal decree, the basic procedure for certification of energy efficiency of new buildings. Qualifies for the first time in a legislated thus forcing make available to purchasers or users of buildings certified for energy efficiency. Certificate must include objective information on the energy characteristics of buildings so that you can assess and compare their energy efficiency, in order to advance the promotion of energy-efficient buildings and investments in energy savings.

Once implemented by Member States, the Directive of 2002, recast this occurs, publishing the Directive 2010/31/EU of the European Parliament and Council on the energy performance of buildings. This review takes place in order to achieve long-term commitment to keep the increase in global temperature below 2 ° C and the reduction commitment by 2020, global emissions of greenhouse gases by 20% with at least compared to 1990 levels and 30% in the case of an international agreement is reached. Looking to the above, the reduction of energy consumption and increased use of energy from renewable sources.

This recasting of the European Commission regarding the efficiency of buildings, have no emphasis on issuing certificates only for new construction, but it has to issue an energy performance certificate for any building or unit that you have intention for sale or rent. So the prospective buyer or tenant to provide accurate information about energy efficiency, the real impact of heating and cooling energy needs of the building, its primary energy consumption and emissions of carbon dioxide. And have provided practical advice on how to improve this situation. Settling on the other hand a target for 2020, that all new buildings are nearly zero of energy.

Energy standards for existing buildings. Royal decree 235/2013

The recast of the European directive became necessary again transpose into national law the changes introduced with respect to the amended directive. Although transposition could have done with a provision to amend the previous 2007 administrative economy, a single provision repealing and complete to the above was carried out. Incorporating in it's new in the new European directive and extending its scope to all buildings, including existing.

The basic procedure to follow has the methodology for calculating the energy efficiency rating, considering those factors that have the greatest impact on energy consumption as well as the technical and administrative conditions for certification for energy efficiency in buildings is established. It introduced the compulsory license available for any property you want to rent or sell, be it new

realizado con una disposición que modificase a la anterior de 2007, por economía administrativa, se realizó una única y nueva disposición que deroga y completa a la anterior. Incorporando en ella las novedades de la nueva directiva europea y ampliando su ámbito a todos los edificios, incluidos los existentes.

Se establece el Procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en su consumo energético, así como las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los edificios. Introduciendo la obligatoriedad de la existencia de certificado para cualquier inmueble que se desee alquilar o vender, sea este nuevo o existente.

Por otro lado, a la hora de realizar la emisión del certificado de eficiencia, para los edificios existentes, se ha de emitir un documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio o de una parte de este. Recomendaciones que han de abordar medidas aplicadas en el marco de reformas importantes de la envolvente, o de las instalaciones técnicas de un edificio. Ambas las cuales han de ser técnicamente viables, pudiendo incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida útil.

Mejoras energéticas en edificios existentes

Las mejoras que se han de proponer para las construcciones existentes pueden clasificarse según tres tipos diferenciados, activas, pasivas o de gestión. De estos tres tipos que se plantean, para el certificado de eficiencia energética solo se pueden proponer pasivas y activas, dado que la gestión de los elementos que pueden incidir en la certificación, no se contempla a la hora de emitir los certificados de eficiencia energética en el territorio nacional.

Las pasivas son aquellas que intervienen en la envolvente térmica del edificio, o piel de este. Comprenden todas las partes del mismo que lo separan del ambiente exterior. Pudiendo ser estas mejoras en los muros o cerramientos, las cubiertas, los suelos en contacto con el terreno o con sótanos, los huecos de fachada y los diferentes puentes térmicos que el edificio pueda tener. Pudiendo plantearse las siguientes mejoras tipo para cada una de las partes diferenciadas (Galindo M. et al. 2013):

- Muros y cerramientos, a la hora de certificar en edificios existentes con frecuencia aparecen cerramientos sin ningún tipo de aislamiento térmico, o con espesores muy pequeños. Si la certificación energética es baja, esta es una de las primeras partes de ser susceptible de ser mejorada. Para ello existen

or existing.

On the other hand, when performing the issuance of the certificate of efficiency for existing buildings, it has to issue a set of recommendations for improving optimal or cost-effective levels of energy efficiency of a building or part of this. Recommendations to be addressed by measures implemented under major renovation of the envelope or technical building system. Both of which have to be technically feasible and may include an estimate of the payback on investment or profitability during its life cycle.

Existing buildings energy improvements

The improvements that have to be proposed for existing buildings can be classified by three items: active, passive or management improvements. Of these three kinds of improvements, for the energy performance certificate can only be proposed passive and active, since the management of the elements that may influence the certification, not contemplated at the time of issuing energy performance certificates in the country.

Passive improvements are those that are involved in the thermal envelope of the building. I mean, the skin. The thermal envelope includes all parts of it, that separate it from the outside environment. These improvements may be on walls or fences, decks, floors in contact with the ground or cellars, holes facade and different thermal bridges that the building may have. Can ask the following improvements for each type of differentiated parts (Galindo M. et al. 2013):

- Walls and fences, when certifying existing buildings often appear enclosures without any insulation, or with very small thicknesses. If the energy certification is low, this is one of the first parts to be able to be improved. For this there are several systems that are based on ultimately improve the composition of the enclosure. Being able to assess the situation of the property according to the responses to it.

Insulation inside, when there is no possibility of intervention by the outside of buildings or summer stay, this can be based on the placement of thermal insulation on the inner faces of the facades solution.

Fill air chambers insulated, in the event that there is no insulation tube or low, these can be filled by means of blowing insulation. This can cause serious diseases and has been running with special attention to certain points. It has to resort to this type of solution only when there are other possibilities discarded isolation deployment.

On Thermal insulation systems from the outside the solution is to add a surface layer of insulation fixed to exterior facades and then protect it with a new exterior finish. This is especially recommended when the façade to intervene is substantially flat and vertical,

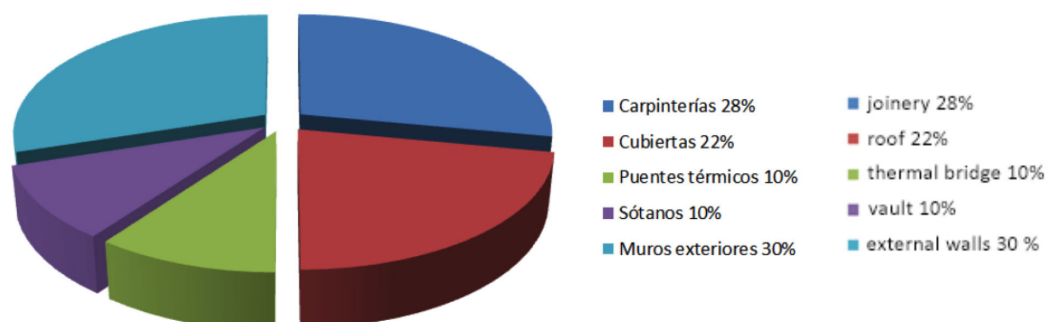


Fig. 2. Diagrama pérdidas energéticas en edificación (Fuente: Galindo, Marta et al. 2013)

Energy losses in construction diagram (Source: Galindo, Marta et al 2013)

varios sistemas que en definitiva se basan en mejorar la composición del cerramiento. Pudiendo valorar según la situación del inmueble, el cómo intervenir.

Aislamiento por el interior, cuando no existe la posibilidad de intervención por la cara exterior o para construcciones de estancia estival, esta puede ser una solución basada en la colocación de aislamiento térmico en las caras internas de las fachadas.

Rellenar cámaras de aire con aislamiento, en el caso de que exista cámara de aire sin aislamiento o con poco, estas se pueden rellenar por medio de inyección de aislamiento. Esto puede provocar serias patologías y se ha de ejecutar con especial atención de determinados puntos. Se ha de recurrir a este tipo de solución solo cuando queden descartadas otras posibilidades de implementación de aislamiento.

Sistemas de aislamiento térmico por el exterior, consiste en añadir una capa superficial de aislamiento térmico fijada exteriormente a las fachadas para después protegerlo mediante un nuevo acabado exterior. Esto es especialmente recomendable, cuando la fachada a intervenir sea sensiblemente plana y vertical, y carezca de interés de preservación, dado que la imagen del inmueble cambia sustancialmente.

Sistemas de fachada ventilada, esto continua siendo un aislamiento térmico por el exterior, pero con la ventaja de añadir una nueva cámara con posibilidad de que circule el aire, lo que permite que funcione de colchón térmico y seque la cara exterior del aislamiento, gracias al efecto chimenea lo que permite además, disipar parte de la energía calorífica absorbida por la hoja exterior del cerramiento.

- Las cubiertas, para estas, la actuación consiste en añadir una capa de aislamiento térmico a las cubiertas existentes, con el objeto de reducir la transmitancia térmica, impidiendo que se disipe el calor generado en el interior del edificio. Dada la incidencia producida, esta medida puede ser de gran interés para edificios de 1 o 2 plantas, descartándose inicialmente para cubiertas de edificios de gran altura o con un espacio tapón de amortiguación térmica, como los trasteros o las zonas de almacenamiento no habitables.

Al igual que los muros, en las cubiertas el aislamiento térmico puede hacerse desde el exterior o desde el interior, debiendo de diferenciarse las intervenciones en función de si la cubierta es plana o inclinada.

- Los suelos, al igual que para los dos tipos anteriores, consiste en añadir una capa de aislamiento térmico a los suelos existentes con el objeto de reducir su transmitancia térmica. A través de los suelos se registran una parte de las pérdidas energéticas, esto puede llegar a provocar falta de confort dado que la temperatura superficial de estos puede ser muy inferior a la del ambiente. El problema es que debido al fenómeno de convección, esta es quizá lo menos efectiva medida de mejora de la envolvente térmica, pero ante una rehabilitación puede ser valorada.
- Huecos de fachada, a través de estos se produce la mayor pérdida energética en las condiciones climáticas de invierno. Por lo que en un proyecto de rehabilitación se ha de presentar especial estudio. El objetivo de la intervención en estos es el de reducir la demanda de energía mediante la sustitución de acristalamientos y o carpinterías, o situando estas de modo doble.

without interest and preservation, as the Image of the property changes substantially.

Ventilated facade systems, this remains a thermal insulation on the exterior, but with the advantage of adding a new camera with the possibility of air circulation, allowing it to work warming mattress and dry the outside of the insulation, thanks to the chimney effect allowing also dissipate some of the heat energy absorbed by the leaf outside the enclosure.

- The covers, for these, the performance is to add a layer of thermal insulation to existing covers, in order to reduce the heat transmission, preventing heat generated within the building dissipates. Given the effect produced, this measure may be of great interest for buildings 1 or 2 levels, initially discarded cover of tall buildings or a thermal buffer cap space, such as storage rooms or storage areas uninhabitable.

Like the walls, covered in insulation can be done from the outside or from within, the interventions must be differentiated according to whether the cover flat or inclined.

- On Soils, as for the above two types, the best option is to add a thermal insulation layer existing floors in order to reduce heat transmission. A soil through a part of the energy losses are recorded, this may eventually lead to lack of comfort because the surface temperature of these can be well below ambient. The problem is that due to the phenomenon of convection, this is perhaps the least effective means of improving the thermal envelope, but before rehabilitation can be assessed.
- Hollow facade, through these most energy loss occurs in winter weather conditions. So in a rehabilitation project has been to present special study. The aim of the intervention is to reduce these energy demand by replacing glazing with joinery, or placing these dual mode.

As for the active development these are related to the improvement of facilities and equipment. The heating systems of a building are the major source of energy consumption of the building. Once improved thermal envelope to minimize heat loss, their production is studied. Trying to optimize the energy consumed in the production by installing efficient systems.

The heat production systems in buildings are traditionally formed by fossil fuel boilers such as coal, oil or gas. The importance of reducing the consumption of these energy sources is at its polluting. So we have to try to minimize their use, by far more efficient and with the addition of auxiliary production systems using renewable equipment. May be replaced by a boiler side as follows:

- Replacement for standard fossil fuel boilers, which operate at a constant temperature of 80 ° c. Not allowed to adapt to the different consumption demands, always running at maximum capacity for which they are designed, neglecting up to 50% fuel.
- Substitution of fossil fuel boilers of low temperature, which allows adapting the working temperature according to the actual needs of the moment, thus saving energy.
- Replacing fossil fuel condensing boilers, which let you take advantage of the latent heat from the combustion gases to increase performance, becoming these above 100%, which significantly improves the conventional

En cuanto a las mejoras activas, estas son las referidas a la mejora de las instalaciones y de los equipos. Las instalaciones térmicas de un edificio son la gran fuente de consumo de energía del mismo. Una vez mejorada la envolvente térmica para minimizar las pérdidas de calor, se estudia su producción. Intentando optimizar la energía consumida en la producción mediante la instalación de sistemas eficientes.

Los sistemas de producción de calor en los edificios tradicionalmente están formados por calderas que consumen combustibles fósiles, como carbón, gasóleo o gas. La importancia de reducir los consumos de éstas fuentes de energía está en su poder contaminante. Por lo tanto se ha de procurar reducir al máximo su uso, mediante equipos mucho más eficientes y con la incorporación de sistemas de producción auxiliar con el uso de renovables. Pudiendo ser por un lado la sustitución de calderas del siguiente modo:

- Sustitución por calderas de combustibles fósiles estándar, las cuales funcionan a una temperatura constante de 80°C. No permiten adaptar el consumo a las diferentes demandas, funcionando siempre a la máxima capacidad para la que han sido diseñadas, despreciando hasta un 50% del combustible.
- Sustitución por calderas de combustibles fósiles de baja temperatura, las cuales permiten adaptar la temperatura de trabajo en función de las necesidades reales de cada momento, con el consiguiente ahorro de energía.
- Sustitución por calderas combustibles fósiles de condensación, las cuales permiten aprovechar el calor latente de los gases derivados de la combustión para aumentar el rendimiento, llegando a ser estos superiores al 100%, lo que mejora notablemente el de los sistemas convencionales. Llegándose a reducir el tiempo de amortización en comparación con una caldera tradicional pese a su coste inicial más elevado.
- Sustitución de la caldera por una de micro-cogeneración. Basadas en utilizar el calor que se produce al convertir la energía de un combustible en electricidad. Se presenta como un buen sistema de ahorro económico, aunque como la reducción del consumo eléctrico no se tiene en cuenta a la hora de realizar las certificaciones energéticas, su implantación no significará un aumento en la calificación. Sería más viable para implantar en centros aislados de la red eléctrica.
- Sustitución de la caldera por una instalación de biomasa. Este tipo de sistemas de calefacción que utilizan como combustible materia orgánica, es decir, energía renovable, han evolucionado notablemente. Llegando a convertirse en unos sistemas que pueden llegar a suponer un ahorro de hasta el 70% en comparación con los combustibles fósiles. Presentan como inconveniente, el mantenimiento y atención requerida, en función de la calidad de la máquina. Así como el elevado volumen de espacio que se precisa para el almacenaje del combustible.

Por otro lado, como forma de intervenir en las mejoras activas, se puede plantear el realizar un aporte energético por medio del uso de fuentes de energía renovable, estas son, tal y como indica la directiva europea, 2009/28/CE, bien mediante el anteriormente expuesto uso de biomasa, captación solar o el uso de bombas de calor geotérmicas, aerotérmicas o hidrotérmicas.

systems. Even be cut the payback time compared to a traditional boiler despite their higher initial cost.

- Replacing the boiler by a micro-cogeneration. Based on using the heat produced by converting the energy of a fuel into electricity. It comes as a good system for saving money, but as reduced power consumption is not taken into account when making energy certifications, its implementation will mean an increase in qualifying. It would be more feasible to implement in isolated centers of the grid.
- Replacing the boiler with a biomass facility. This type of heating systems that use organic matter as fuel, ie, renewable energy, have evolved considerably. Arriving to become systems that can account for a saving of up to 70% compared to fossil fuels. Presented as inconvenient maintenance and care required, depending on the quality of the machine. And the high volume of space required for storage of fuel.

On the other hand, as a way of intervening in active improvements can raise the energy to make a contribution through the use of renewable energy sources, these, as indicated by the European Directive 2009/28/EC, either by foregoing the use of biomass, solar collection or use of geothermal heat pumps, or hydrothermal aerothermic.

- Solar thermal energy can reduce energy bills by reducing motivated by the use of hot water consumption. Since this is a facility to support a system of the above.
- Solar Energy Photovoltaic is the direct conversion of solar radiation into electrical energy. As with cogeneration boilers, reducing electricity consumption in the residential sector is not covered for energy certification, so this type of resource, energy savings will not improve the rating.
- Small wind energy, the same thing happens to the PV, refers to the conversion of wind energy into electrical energy, so that it will not influence the improvement of the energy rating.
- Pumps geothermal, aerothermal and hydrothermal heat, which despite being electrically powered, the European decree qualifies as renewable as long as their production significantly exceeds the primary energy to power them, ie with a high performance.

Aerothermics uses air temperature for exchange heat pumps are quite efficient systems, the problem we have today it is the high price they have and the need for installation directly taken from the outside, which for rehabilitation in many cases it may be difficult or impossible given the impact they generate.

Geothermal energy is the energy that can be obtained by exploiting the storage capacity of the land having. Can be performed on the horizontal surface, vertical or deep installation and that which is done on water table. This system has a cost higher than the aerothermal yet, so that in most cases difficult feasibility.

All these, both active and passive, described improvements are taken into account when performing an energy certification, assessing those that by their technical feasibility and amortization, is best suited to the certified unit. With this in the present paper is to conduct a case study of an intervention for comprehensive energy improvement an apartment building in search of the target, as estimated energy regulations 2020, the zero energy consumption. Basing the concept of zero energy in two basic principles,

- Energía Solar térmica, permiten reducir la factura energética reduciendo el consumo motivado por la utilización de agua caliente sanitaria. Siendo esta una instalación de apoyo a un sistema de los anteriormente expuestos.
- Energía Solar Fotovoltaica, consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Como sucede con las calderas de cogeneración, la reducción de consumo eléctrico en el sector residencial no se contempla para la certificación energética, por lo que este tipo de recursos como ahorro energético no van a mejorar la calificación.
- Energía minieólica, sucede lo mismo que para la fotovoltaica, se refiere a la transformación de energía eólica en eléctrica, por lo que no va a incidir en la mejora de la calificación energética.
- Bombas de calor geotérmicas, aerotérmicas e hidrotérmicas, las cuales pese a estar alimentadas por energía eléctrica, el decreto europeo las califica como renovables, siempre y cuando su producción supere de forma significativa la energía primaria para impulsarlas, es decir tengan un alto rendimiento.

La aerotermia, utiliza la temperatura del aire para el intercambio en la bomba de calor, son sistemas bastante eficientes, el problema que presentan en la actualidad es el precio elevado que tienen y la necesidad de instalación con toma directa del exterior, lo que para rehabilitación en muchos casos puede resultar complicado o imposible dado el impacto que generan.

La geotermia, es la energía que puede ser obtenida aprovechando la capacidad de almacenamiento que tiene la tierra. Pudiendo realizarse la instalación horizontal o superficial, vertical o profunda y aquella que se realiza sobre capa freática. Este sistema presenta un coste todavía superior que la aerotermia, por lo que en la mayoría de los casos se dificulta su viabilidad.

Todas estas mejoras descritas, tanto activas como pasivas, han de tenerse en cuenta a la hora de realizar una certificación energética, valorando aquellas que por su viabilidad técnica y amortización, se adapten mejor a la unidad certificada. Con ello en el presente paper se pretende realizar un estudio de caso de una intervención de mejora energética integral para un edificio de viviendas, en búsqueda del objetivo, tal y como estima la normativa energética para el año 2020, del consumo energético nulo. Basando el concepto de energía cero en dos principios básicos, estandarizar el concepto de vivienda pasiva en todos los edificios, y todos los requisitos energéticos restantes han de proceder de fuentes renovables.

Una vez acometidas las mejoras en el edificio propuesto, estas se certifican pudiendo extraer un valor real de los costes de la intervención. Pudiendo con ello, y con estudios de consumo tras la ejecución resultante, valorar qué sistema resulta más viable a la hora de acometer situaciones como la que se expone.

Estudio de caso, en búsqueda de emisión 0

Expuesta la situación actual en cuanto a energía se refiere, se va a realizar un análisis económico-energético, en cuanto a las mejoras a ejecutar para un edificio entre medianeras, situado en una villa próxima al mar, con una climatología

standardizing the Passive House concept in all buildings, and all remaining energy requirements are derived from renewable sources.

Once the improvements are undertaken in the proposed building, these are certified and it is possible to extract a real value of the costs of the intervention. Being able to do this, and studies the resulting consumption after implementation, assess which system is more viable when undertaking situations like the one described.

Case study. Searching zero emissions

Exposed the current situation in terms of energy, we shall make an economic and energetic analysis, in terms of improvements to run for a building between party located in a villa near the sea with weather qualified as an intermediate code technical and C1. It is a traditional building with a typical structure of the years of its construction, about the seventies, years of substantial residential growth, so the analysis that arises can be extended to a large number of examples.

At first arises undertake a comprehensive energy improvement intervention, so as to reduce energy consumption sensitively because the intention of the owners who just bought the house is to promote rented housing units inside. The property consists of ten houses over five floors, with a local on the ground floor used as a garage for tenants of housing. Started analysis for the implementation of this comprehensive intervention, the challenge to raise rehabilitation so that the goal of zero emission range is proposed. This situation of the property and possible interventions to achieve run analyzes.

Starting with the building shell, made with a facade of double brick, no insulation with an outer finish made by small items of stoneware, with serious grip. The dividing view, side facade appears covered by corrugated fiber cement panels as impervious element against the occurrence of indoor humidity. Gaps are solved by simple anodized aluminum frames with sealing problems mounted with monolithic glass. Finally, regarding the envelop of the building (skin), the cover presents a gable roof or pitched roof, executed by partitions which rest on a horizontal concrete slab, without presence of any isolation.

The energy system was solved by individual gas heaters, very low efficiency for domestic hot water. As required by heating demand, this is not covered by any given system in the building. It is estimated to use small space heaters that pose high costs and a risk in terms of security for tenants.

Once the decision to intervene property details, proceed to certify the status of the property. This is one of the tools provided by the ministry of industry for drafting energy certifications, the CE3x. Here the situation of the property in terms of the envelope and facilities described documented. Once done it is then rating proposing to make further improvements to thereby proceed to issue the certificate that is going to throw the data in terms of consumption and demand for property.

Analyzing the situation to perform the certification, consumption is forecast expenditure translated into, given the size of house unit is 90 euros per month for each of the buildings

Once this situation exposed the proposal and intervention improvements were made, in order to achieve zero emissions, for which subsequently become relevant energy certifications that allow us to draw conclusions which

intermedia calificada según el código técnico como C1. Es un edificio con una estructura tradicional característica de los años de su construcción, aproximadamente los años setenta, años de considerable crecimiento residencial, por lo que el análisis que se plantea se puede extender a un amplio número de ejemplos.

En un comienzo se plantea acometer una intervención integral de mejora energética, de modo que se reduzcan susceptiblemente los consumos energéticos dado que la intención de los propietarios que acaban de adquirir el inmueble es la de promover en régimen de alquiler las unidades de vivienda interiores. El inmueble consta de diez viviendas distribuidas en cinco plantas, con un local en la planta baja destinado a garaje de los inquilinos de las viviendas. Comenzado el análisis para la ejecución de esta intervención integral, se propone el reto de plantear la rehabilitación de modo que se alcance el objetivo de emisión cero. Para ello se analiza la situación del inmueble y las intervenciones posibles a ejecutar para alcanzarlo.

Comenzando por la envolvente del edificio, esta se presenta resuelta por medio de una fachada de doble hoja de ladrillo, sin aislamiento con un acabado exterior realizado por medio de pequeños elementos de gres, con serios problemas de agarre. La medianera vista, en fachada lateral, se presenta recubierta por medio de paneles ondulados de fibrocemento como elemento impermeable que impida la aparición de humedades interiores. Los huecos están resueltos por sencillas carpinterías de aluminio anodizado, con problemas de estanqueidad, montadas con vidrios monolíticos. Y por último en cuanto a la envolvente, la cubierta se presenta a dos aguas, ejecutada por medio de tabiques palomeros que descansan sobre una placa horizontal de hormigón, sin presencia de aislamiento alguno.

El sistema energético, se presenta resuelto por medio de calentadores individuales de gas, de muy baja eficiencia, para la producción de agua caliente sanitaria. En cuanto a la demanda requerida por calefacción, esta no se cubre por ningún sistema determinado en el inmueble. Por lo que se estima que utilizarán pequeños calentadores individuales que suponen un elevado gasto y un riesgo en cuanto a la

can become the improvements most successful to when performing an intervention of this kind. Comprehensive action based on active and passive improvements interventions.

Regarding improvements passive, it means, improving the surround (the envelop or skin of the building), it have been proposed and undertaken the following interventions:

- Improved envelope facade for this proposed intervention of the enclosure with the addition of insulation in some areas of the building. Given the situation of the facade showing detachment, coupled with improved efficiency showing the outer insulation as shown in the table, it was decided to use a system of outer insulation.

The selected isolation is implemented by means of polystyrene attached to front, coated with mortar and acrylic topcoat. This is modified and modernized the facade of the building, acquiring an improvement in terms of safety, eliminating the risk of landslides stoneware pieces and removing the cement from the side wall.

- In the hollow, given the state of the woodwork, it was decided to withdraw and replace them with aluminum frames with thermal break, C5 class, high quality and tightness.
- In the substituted double glazing joinery mounted camera, selecting for the willing on the north side, those who are low emissive, so having some characteristics in terms of even higher transmittance.
- Continuing with the envelope, in the cover, composed by a horizontal slab settled on the top floor, supported by simple brick partitions. Affordable and well-functioning solution has been to rest on this horizontal slab of mineral wool insulation, so do not act on a cover that does the job properly for leakage.
- Finally, it was decided to install underfloor heating in the floors of the houses, with the addition so that the first plant, where there was direct contact with the garage on the ground floor, is isolated thermally



Fig. 3. Estado Inicial del Inmueble a Intervenir. Fachada Norte. Junio 2013

Initial State Property to intervene. North facade. June 2013.

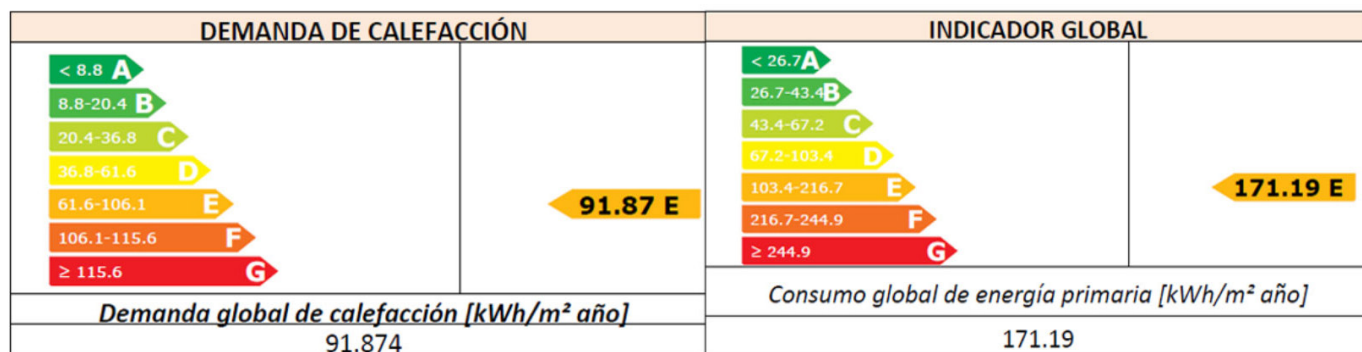
seguridad para los inquilinos.

Una vez realizada la toma de datos del inmueble a intervenir, se procede a certificar la situación del inmueble. Para ello se utiliza una de las herramientas reconocidas por el ministerio de industria para la redacción de certificaciones energéticas, el CE3x. En ella se documenta la situación del inmueble en cuanto a la envolvente e instalaciones descritas. Una vez realizado esto se procede a su calificación, proponiendo las mejoras a realizar posteriormente, para con ello proceder a emitir el certificado que nos va a arrojar los datos en cuanto a consumo y demanda del inmueble.

managing to reduce heat transfer at this point.

Once resolved envelope, greatly enhancing transmissions in it were given, we proceed to propose and carry out active improvements, namely those involved in energy systems and reducing consumption by using renewable acometiéndose the following :

- The most important decision is the choice of the energy system to use in the house. In this case, since the procedure is complete, we decided to make a change in the system. It was decided to centralize the energy system, rather than acting individually on each



Analizando la situación que se presenta al realizar la certificación, se prevé un consumo que traducido en gasto, dadas las dimensiones de casa unidad, resulta de 90 euros mensuales para cada una de las viviendas.

Una vez expuesta esta situación se realiza la propuesta e intervención de mejoras, con el fin de alcanzar las emisiones cero, para las que posteriormente se harán las pertinentes certificaciones energéticas que nos permitan extraer conclusiones de cuales pueden llegar a ser las mejoras más acertadas a la hora de realizar una intervención de este tipo. Actuación integral, basada en mejoras activas y mejoras pasivas.

En relación con las mejoras pasivas, es decir la mejora de la envolvente, se han propuesto y acometido las siguientes intervenciones:

- Mejora de la envolvente de fachada, para ello se propuso la intervención del cerramiento con la inclusión de aislamientos en alguna de las partes. Dada la situación de desprendimiento que mostraba la fachada, unido a la mejor eficiencia que muestran los aislamientos exteriores tal y como muestra la tabla, se decidió recurrir a un sistema de aislamiento exterior.

El aislamiento seleccionado es el ejecutado por medio de poliestireno adherido a fachada, recubierto con mortero y acrílico de capa de acabado. Con ello se modifica y moderniza la fachada del inmueble, adquiriendo una mejora en cuanto a la seguridad, eliminando el riesgo de desprendimientos de piezas de gres y retirando el fibrocemento de la fachada lateral.
- En los huecos, dado el estado de las carpinterías, se decide retirarlas y sustituirlas por unas carpinterías de aluminio con rotura de puente térmico, clase C5, de elevada calidad y estanqueidad.
- En las carpinterías sustituidas se montan vidrios dobles con cámara, seleccionando para los dispuestos en la cara norte, aquellos que sean bajo emisivos, de

of the homes. Centralized production systems are more efficient than individual due to the scale factor coefficients of simultaneity and the load increment required by individual systems.

Usually these systems for collective level, are not viable since it is required for space equipment and tanks. In this case, as stated, the intervention affects the entire building and its feasibility was studied, approving it as an improvement susceptible of being executed.

Once this decision is made, it is estimated that the system must be equipped with low temperature heating, and because the state of the soldiers of the building, with pathological problems related fungal growths, installing floor heating is adopted and thus replace interior finishes of the dwellings.

And finally the energy system you decide to use, and as has been mentioned, by reaching the goal of zero emissions, something that is feasible with the use of biomass boilers. In this case a mixed collective production boiler for heating and domestic hot water, fitted with a pellet silo for a small outdoor store is built is proposed.

- For this installation of biomass, it is decided to take a further decision, and that is to reduce the demand for hot water by installing solar panels on the roof of the building, so that is resolved through a reservoir connected in parallel to the inertia of the boiler, 40% of the demand for housing acs.

Decisions taken above, these have been undertaken and can extract through certificates of work, all actual expenses brought about by the interventions, can discern between actions relating to passive and active actions. (Table 1)

Exposed and implemented improvements incurred expenses, proceeds to three certifications that allow us to analyze the demand for each building improvements and consumer spending to tenants develop their life in the house will be exposed. (Table 2)

Fig. 4. Calificación Energética estado previo del inmueble.
Calificación Energética estado previo del inmueble.

Fig. 5. Sistema de fachada SATE aplicado en edificio de viviendas.

SATE façade system applied in residential building.



modo que posean unas características en cuanto a transmitancia todavía mayores.

- Continuando con la envolvente, en la cubierta, como se presenta resuelta por una losa horizontal sobre la última planta, en la que se apoya la cubierta por medio de tabiques palomeros. Una solución económica y con buen funcionamiento ha sido la de descansar sobre esta losa horizontal aislamiento de lana mineral, de modo que no se actuase sobre una cubierta que cumple correctamente su función en cuanto a estanqueidad.
- Por último, y para intervenir sobre toda la envolvente, se decidió instalar suelo radiante en los suelos de las viviendas, de modo que la primera de las plantas, donde existía un contacto directo con el garaje de la planta baja, se aísla térmicamente consiguiendo reducir la transmisión térmica en este punto.

Una vez resuelta la envolvente, mejorando considerablemente las transmisiones que en ella se daban, se procede a plantear y realizar las mejoras activas, es decir aquellas que intervienen en los sistemas energéticos así como la reducción de consumos gracias al uso de renovables, acometiéndose las siguientes:

- La decisión más importante, viene de la elección del sistema energético a utilizar en el inmueble. En este caso, dado que la intervención es integral, se decide realizar un cambio en el sistema. Se decide centralizar el sistema energético, en vez de actuar individualmente en cada una de las viviendas. Los sistemas de producción centralizados son más eficientes que los individuales debido al factor de escala, los coeficientes de simultaneidad y la mayoración que requieren los sistemas individuales.

Por lo general, estos sistemas aplicados a nivel colectivo, no son viables dado que para ello se precisa de espacio para equipos y depósitos. En este caso como se ha expuesto, la intervención afecta a todo el inmueble y se estudió su viabilidad, aprobándolo como una mejora susceptible de ser ejecutada.

Una vez tomada esta decisión, se estima que el sistema ha de estar dotado de calefacción a baja temperatura, y debido el estado de los solados de la construcción, con problemas patológicos referidos a agentes xilófagos, se adopta la instalación de suelo radiante y con ello sustituir los acabados interiores de las viviendas.

Ya por último se decide el sistema energético a utilizar, y tal y como se ha comentado, se intenta alcanzar el objetivo de cero emisiones, algo que es factible con la utilización de calderas de biomasa. En este caso se propone una caldera colectiva mixta para producción de calefacción y agua caliente sanitaria, dotada de un silo de pellets para el que se construye un pequeño

With these predictable data you can perform an exhaustive study of compensation and the amortization of the intervention, taking into account investment costs, depreciation, the rising price of energy and the lifetime of the implants. Where upon are to draw conclusions about the investment.

Conclusions

Analyzed the situation shown in terms of energy and costs savings improvements to a building type of the seventies, conclusions can be drawn about the most successful when seeking to intervene in energy savings and economic consequence posture.

Of the three analyzed positions, which have been implemented in pursuit of zero emission, through active, passive or total improvements carried out, select one as the ideal, it is complex as payback times vary of each other, as well as its lifetime. Thus it has been concluded that each of them depends on the approach is taken to carry them out.

- Active improvements, intervening in energy systems contribute in a more immediate way to improve, as the amortization of the investment is effective before the remaining investments. In the case above, this is at 12 years. The problem presented is that the life of the installed elements is much smaller than passive systems. And once they recovered the investment, relatively few years elapse up having to re-invest some of it spent. As this type of intervention is presented suitable for short-term investments, without a view to a future in which it has disbursed over part of their investment.

On the use of solar thermal panels for hot water production, since the minimum percentage covered, not contribute to reduce consumption enough to justify its implementation. This is because ACS spending is far below the cost incurred in heating. Resulting provided a viable improvement is enhanced by some form of financial aid to soften the initial outlay.

- Passive improvements are improvements that are effective for a much longer than the active period. For the investment, these are not amortized until the past 15 years have put them into practice. But these are very effective, and once installed, maintenance is no long-term investment because it guarantees repayment need not be replaced by exhaustion of use.

Analyzing the data extracted, it may seem that this type of investment does not seem profitable and active improvement impact of a mode. All this is true, and if we talk in terms of CO₂ emissions, active improvements Intervention is more accurate than these. But long-term view, passive improvements



Fig. 6. Caldera de biomasa y silo de pellets instalados en edificio de viviendas.

Biomass boiler and pellet silo installed in residential building.

almacén exterior.

- Para esta instalación de biomasa, se decide tomar una decisión adicional, y es la de reducir la demanda de agua caliente, por medio de la instalación de paneles solares en la cubierta del inmueble, de modo que se resuelva a través de un depósito conectado en paralelo al de inercia de la caldera, el 40% de la demanda de acs de las viviendas.

Tomadas las decisiones expuestas, estas se han acometido, pudiendo extraer por medio de las certificaciones de obra, todos los gastos reales que han supuesto las intervenciones, pudiendo discernir entre los referidos a actuaciones pasivas y actuaciones activas. (Tabla 1)

Expuestos los gastos incurridos e implantadas las mejoras, se procede a realizar tres certificaciones que nos permitan analizar la demanda del edificio para cada una de las mejoras y los gastos de consumo a los que se verán expuestos los inquilinos que desarrollen su vida en el inmueble. (Tabla 2)

Con estos datos predecibles se puede realizar un estudio exhaustivo de la amortización y compensación de la intervención, teniendo en cuenta los gastos de inversión, la amortización, el aumento del precio de las energías y la vida útil de las implantaciones. Con lo cual se van a extraer conclusiones acerca de la inversión realizada.

Conclusiones

Analizada la situación mostrada en cuanto a ahorros energéticos y gastos en mejoras para un inmueble tipo de los setenta, se pueden extraer conclusiones acerca de la postura más acertada a la hora de intervenir en búsqueda de un ahorro energético y en consecuencia económico.

De las tres posturas analizadas, las cuales se han llevado a la práctica en búsqueda de la emisión nula, por medio de mejoras activas, pasivas o la integral llevada a cabo, seleccionar una como la idónea se presenta complejo dado que los tiempos de amortización varían de unas a otras, así como su vida útil. Por ello se ha llegado a la conclusión de que cada una de ellas depende del planteamiento de se tenga para llevarlas a cabo.

- Las mejoras activas, interviniendo en los sistemas energéticos, contribuyen de una forma más inmediata a la mejora, dado que la amortización de lo invertido resulta efectivo antes que el resto de inversiones. En el caso expuesto, esta se sitúa en 12 años. El

ACTUACIONES PASIVAS		ACTUACIONES ACTIVAS	
Levantado carpintería Aluminio	480 €	Depósito de Inercia 1500l	1.980 €
Bajante Exterior	150 €	Bombas Impulsión	740 €
Retirada Uralita	2.289 €	Caldera de Biomasa y Silo	18.300 €
Revestimiento Exterior	29.008,62 €	Cuadro Eléctrico caldera	150 €
Revestimiento Exterior PB	2.899,68 €	Paneles solares y Depósito	8.990 €
Ayudas Ventanas	3.170 €	Intercambiadores de placas por viv.	8.600 €
Carpintería Exterior	31.260,42 €	Chimenea INOX	3.320 €
Bajantes Exteriores	544,50 €	Suelo Radiante	16.910 €
Colector de Aluminio	240 €	Picado Suelos	1520 €
Canalón Plegado	1.200 €	Ayudas Albañilería	1500 €
Guarniciones Interiores	1.590 €	Recrecido mortero	4615 €
Guarniciones Exteriores	336,49 €	Solados pisos terrazo	1.782,72 €
Polycarbonato patio luces	225 €	Tarima de madera	9.352,77 €
Marcos Perdidos Exteriores	1035,40 €	Rodapie	2.135,09 €
Lana mineral bajo cubierta	375 €	Caseta Silo Pellets	4.995 €
TOTAL	74.804 €	TOTAL	84.890,58 €

Tabla 1. Tabla con análisis de gastos incurridos para cada una de las intervenciones.

PASSIVE ACTIVITIES		ACTIVE PROCEEDINGS	
Raised carpentry	€ 480	Raised carpentry	€ 480
Exterior Downpipe	€ 150	Exterior Downpipe	€ 150
Withdrawal Uralita	€ 2289	Withdrawal Uralita	€ 2289
Exterior Siding	€ 29,008.62	Exterior Siding	€ 29,008.62
Exterior Coating PB	€ 2,899.68	Exterior Coating PB	€ 2,899.68
Supports Windows	€ 3170	Supports Windows	€ 3170
Exterior Carpentry	€ 31,260.42	Exterior Carpentry	€ 31,260.42
Exterior downspouts	€ 544.50	Exterior downspouts	€ 544.50
Aluminum Manifold	€ 240	Aluminum Manifold	€ 240
Gutter Fold	€ 1200	Gutter Fold	€ 1200
Interior Fittings	€ 1590	Interior Fittings	€ 1590
Exterior Fittings	€ 336.49	Exterior Fittings	€ 336.49
Polycarbonate yard lights	€ 225	Polycarbonate yard lights	€ 225
Marcos Lost Affairs	€ 1,035.40	Marcos Lost Affairs	€ 1,035.40
Mineral wool under cover	€ 375	Mineral wool under cover	€ 375
TOTAL	€ 74,804	TOTAL	€ 74,804

Table 1. Table analysis of expenses incurred for each of the interventions.

Tabla 2. Tabla comparativa de intervenciones realizadas por medio de calificación energética.

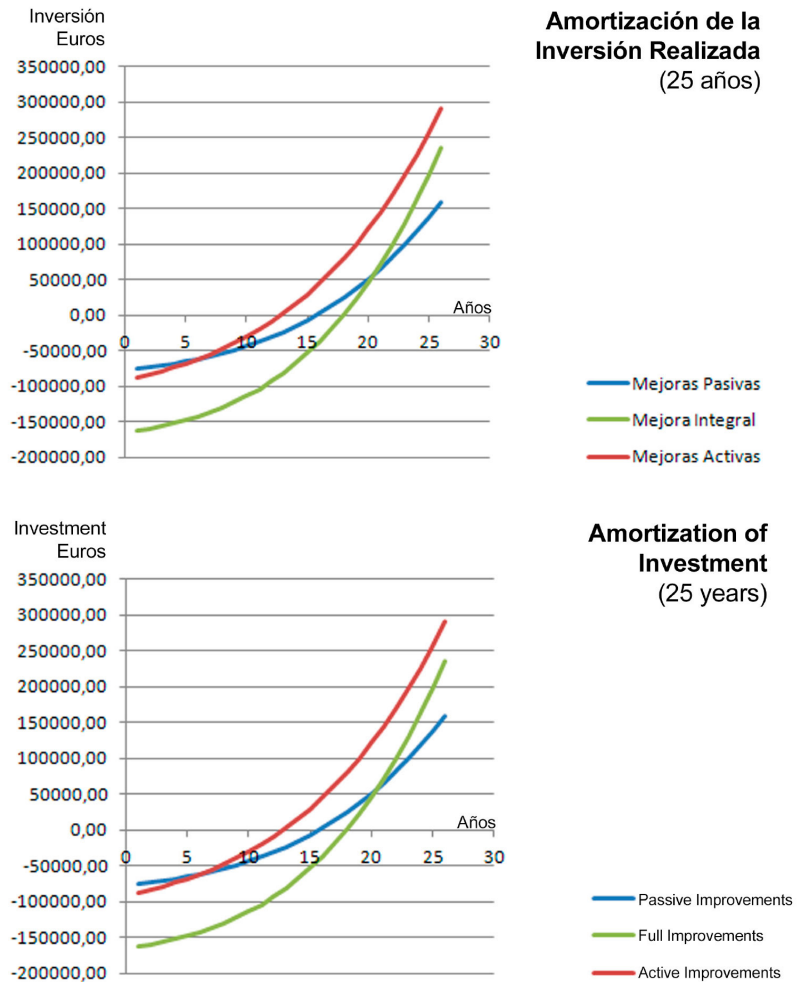
	Gasto Incurrido	Demanda (kWh/m2 año)	Consumo (kWh/m2 año)	Gastos consumo/mes (Euros/mes)
Situación Inicial		91,87 (E)	171,19 (E)	90,00 €/mes
Mejoras Pasivas (Amortización 15 años)	78.804 €	42,77 (D)	106,77 (E)	49,31 €/mes
Mejoras Activas (Amortización 12 años)	84.890,58 €	91,87 (E)	120,84 (E)	28,40 €/mes
Mejora Integral (Amortización 17 años)	163.694,58 €	42,77 (D)	67,78	16,00 €/mes

Table 2. Comparative table of interventions through energy rating.

	Expenses Incurred	Demand (KWh/m2 year)	Consumption (KWh/m2 year)	Consumption / month Rates (Euros/month)
Initial Situation		91,87 (E)	171,19 (E)	90,00 €/mes
Passive Enhancements (Amortization 15 years)	78.804 €	42,77 (D)	106,77 (E)	49,31 €/mes
Active Improvement (Amortization 12 years)	84.890,58 €	91,87 (E)	120,84 (E)	28,40 €/mes
Improved Integral (Amortization 17 years)	€ 78,804	42,77 (D)	106,77 (E)	€ 49,31 / month

Fig. 7. Estudio del tiempo de amortización en función del tipo de mejoras propuesto, teniendo en cuenta los gastos de mantenimiento, el aumento del precio de la energía a un 8% y la amortización técnica para una vida de 25 años..

Study payback time depending on the type of improvements proposed, taking into account maintenance costs, rising energy prices 8% and technical depreciation for a life of 25 years.



problema que presentan es que la vida útil de los elementos instalados, es mucho menor que los sistemas pasivos. Y una vez recuperada la inversión, transcurrirán relativamente pocos años hasta tener que volver a invertir parte de lo gastado. Por lo que este tipo de intervenciones, se presenta adecuado para inversiones a corto plazo, sin miras a un futuro en el cual se ha de desembolsar otra vez parte de lo invertido.

are most beneficial. That is, depreciation is longer, but once achieved is maintenance, or if required only minor something, so that from that time benefit is continuous. So if your investment is proposed by analyzing the life of the building, it seems wise, yes, reducing CO2 emissions by little, so that before the tax trend to the ecological footprint, as well as investment needs some improvement after active not be affected by additional taxes condemn investment.

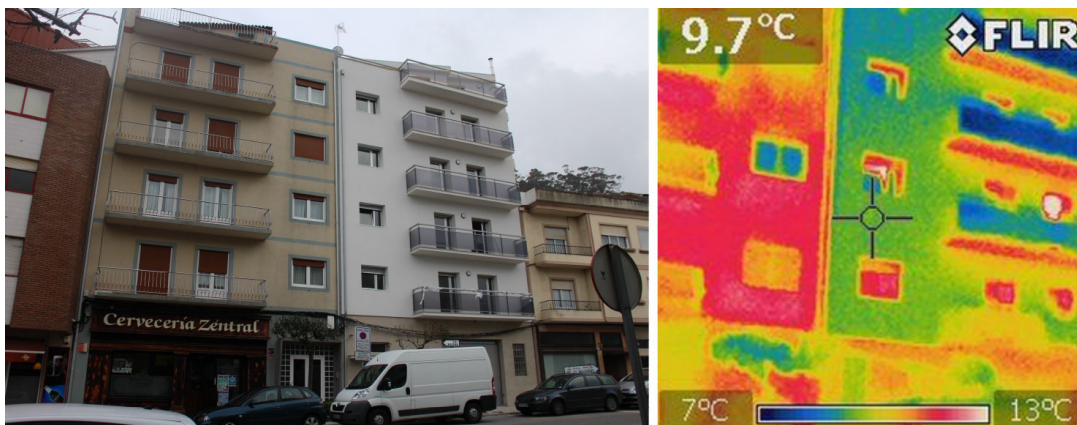


Fig. 8. Comparativa edificio rematado con edificio anexo gemelo del mismo. Imagen termográfica con el resultado de la intervención..

Comparison between renovated building and twin building not renovated . Thermographic image with the result of the intervention.

En cuanto al uso de los paneles solares térmicos para la producción de ACS, dado el porcentaje mínimo cubierto, no contribuyen a disminuir los consumos lo suficiente como para justificar su implantación. Esto se debe a que el gasto en ACS es muy inferior al gasto incurrido en calefacción. Resultando una mejora viable siempre que se potencie por medio de algún tipo de ayuda económica que suavice el desembolso inicial.

- Las mejoras pasivas, son mejoras que se hacen efectivas a un plazo mucho más largo que las activas. Para la inversión realizada, estas no se amortizan hasta pasados los 15 años de haberlas puesto en práctica. Pero estas son muy eficaces, y una vez instaladas, el mantenimiento es nulo y a largo plazo esta inversión garantiza amortización dado que no precisa ser sustituido por agotamiento de su uso.

Analizando los datos que se extraen, puede parecer que este tipo de inversión no parece rentable y que una mejora activa incide de un modo más. Todo esto es cierto, y si se habla en términos de emisiones de CO₂, una Intervención de mejoras activas es mucho más acertada que estas. Pero con miras a largo plazo, las mejoras pasivas son más beneficiosas. Esto es, su amortización es más larga, pero una vez alcanzada no precisa de mantenimiento, o si precisa, de algo de escasa entidad, con lo que a partir de ese momento el beneficio es continuo. Por ello si se plantea su inversión analizando la vida útil del edificio, parece más acertado, eso sí, reduciendo poco las emisiones de CO₂, con lo que ante la tendencia tributaria ante la huella ecológica, igual precisa además de inversión en alguna mejora activa posterior para no verse afectado por impuestos adicionales que condenen la inversión.

- Una reforma integral, a corto plazo no resulta económicamente positiva, en el caso analizado pese a disminuir el gasto mensual en un porcentaje altísimo, su amortización no será factible hasta transcurridos 17 años. Tiempo para el cual de un modo probable habría que volver a hacer renovación de partes de las mejoras activas, pero en este caso con una amortización más inmediata, dado que el ahorro energético se mantiene con un coste de inversión inferior. Parece lógico pensar que una actuación de este tipo sería lo ideal, pero bien es cierto que el reporte de la inversión realizada es más largo en el tiempo.

En definitiva, y para concluir, parece que de un modo directo las mejoras activas inciden antes en retornar la inversión realizada. Desde un punto de vista simple es correcto, el problema es que este tipo de actuaciones requieren de

- A total or integral reform, in a short term, it is not economically positive, if used despite lower monthly spending in a high percentage, depreciation will not be feasible until after 17 years. Time for which a mode would probably have to redo renewal of parts of active improvements, but in this case with a more immediate payback, since energy conservation is maintained with a lower investment cost. It seems logical that an action of this type would be ideal, but it is true that the report of the investment is longer in time.

In conclusion, it seems that active improvements influence directly in return before investment (Payback). From a simple point of view, it is correct, but the problem is that such actions require substitutions because life is relatively short. However some passive improvements in the envelope, although take longer for the return of investment, require no maintenance and durability is much higher than earlier so that once this was payback time to start turning a profit longer term, presenting the disadvantage that the ecological footprint is still there, to what possible sanctions may force acting in an active way. And finally, it seems that it would be appropriate to try your search for zero emissions through comprehensive investment, but generally, improving the energy rating obtained is not always directly proportional to the amount of money invested, so in pursuit of achieving the goals set have been to establish public support to facilitate investment, this being a decisive factor for the evolution (FAUSTINO P. 2013).

sustituciones dado que su vida útil es relativamente corta. Sin embargo unas mejoras pasivas, en la envolvente, pese a tardar más en alcanzar la devolución de la inversión, no requieren de mantenimiento y su durabilidad es mucho mayor que las anteriores por lo que una vez alcanzado este tiempo de amortización comienzan a dar beneficios a más largo plazo, presentando como inconveniente que la huella ecológica sigue estando presente, ante lo que posibles sanciones pueden obligar a actuar de un modo activo. Y por último, parece que lo adecuado sería intentar esta búsqueda de emisiones cero por medio de inversiones integrales, pero por lo general, la mejora en la calificación energética obtenida, no es siempre directamente proporcional a la cantidad de dinero invertido, por lo que en búsqueda de alcanzar los objetivos establecidos, se han de establecer ayudas públicas que faciliten las inversiones, siendo este un factor determinante para la evolución (FAUSTINO P. 2013).

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

GALINDO, Marta; GARCÍA, Roberto y PÉREZ, J. "Guía para la eficiencia energética de edificios residenciales". Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cantabria. Cantabria. 2013

HOPPE, Michela "Mejorar la eficiencia energética de los edificios históricos" Revista DETAIL Green. Número 02/2010. Munich.

PATIÑO, Faustino. "Aplicación de Técnicas Actuales de diseño y fabricación en la arquitectura residencial. Del centímetro al milímetro". Tesis doctoral. Universidad de Vigo. Vigo 2013.

"Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios". Publicada en el DOUE, nº1, de 4 de enero de 2003.

"Real Decreto 235/2013 Certificación de la Eficiencia Energética de Edificios" publicado en el BOE nº27 el 31 de enero de 2007.

"Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios". Publicada en el DOUE nº153 el 18 de junio de 2010

"Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios". Publicado en el BOE nº89 el 13 de Abril de 2013.

Entendiendo las ciudades. Una metodología para la visualización de información urbana y el diseño de indicadores útiles para su gestión

Understanding cities. A methodology for urban data visualization and designing useful indicators for city management

Pérez Gulín, J. Marcos¹, Borobio, Manuel², Meijide, Manuel³, Payán, Melania⁴

ABSTRACT

Las ciudades están en continua evolución hacia sistemas cada vez más complejos. En este marco de desarrollo urbano, conocer lo que ocurre en la ciudad y los efectos de las acciones derivadas de su gestión, tiene una importancia vital para tomar, cada vez, mejores decisiones. Los desarrollos tecnológicos posibilitan el acopio de un gran volumen de datos procedente de diversos ámbitos y fuentes de información, sin embargo, para que tal cantidad de información sea realmente útil para la toma ágil de decisiones, se requiere un profundo proceso de transformación en las costumbres que tenemos en gestión urbana. El diseño de un sistema de seguimiento aporta la interpretación general de la información, los indicadores y sus interrelaciones, pero también de apoyo para la evaluación y toma de las decisiones de los gestores que, basándose en su modelo de ciudad, han de conseguir unos objetivos concretos y específicos en el desarrollo de la ciudad. Estos objetivos ordenados, coordinados e integrados, de forma sistémica y coherente con el modelo deseado, nos permiten concebir el sistema como algo vivo, dinámico y relacional. De esta manera se pasa de una batería de indicadores a un robusto sistema de seguimiento en el que los indicadores ofrecen una funcionalidad ampliada. Un robusto y consistente sistema de indicadores y seguimiento permite a los agentes del cambio en una ciudad orientar sus acciones hacia una visión compartida. Cada ciudad debe definir su propia visión en función de sus características. Esta visión debe ser desarrollada hasta el punto que se pueda parametrizar, cuantitativa y/o cualitativamente. Una vez establecido el modelo, la medición y toma de datos, es la herramienta básica que nos permitirá ofrecer la información que la ciudad necesita para tomar, en todo momento, conocimiento y consciencia de su situación. Un adecuado sistema de indicadores, diseñados a partir de las características propias del modelo de cada ciudad, permite tomar decisiones operativas para mantener la evolución deseada y estratégicas para avanzar en la dirección de la ciudad deseada. Al mismo tiempo ofrecen monitorización que nos aproxima a la evaluación continua sobre el grado de cumplimiento de los objetivos, sectoriales e integrados. Este desarrollo conceptual del modo de medir, requiere su contraparte operativa. La interoperabilidad multiplataforma es un elemento fundamental para evolucionar hacia una sistema de gestión integral que ofrezca una visión holística de la ciudad. Esta perspectiva permitiría una gestión y toma de decisiones sincronizada entre distintos órganos de decisión que, hasta el momento sigue compartimentada en base al estudio de variables aisladas a pesar de que los procesos que tratan de monitorizar responden a un enfoque sistémico multivariable. En el caso de la gestión de la ciudad es importante también considerar los múltiples y variados perfiles de usuario que puede utilizar la información. En este sentido, la visualización 3D de la ciudad ofrece una cercanía fácilmente interpretable por cualquier tipo de usuario que, acompañada por una representación accesible de la información permite la identificación de decisiones que pueden contribuir a múltiples niveles de corresponsabilidad en la gestión hacia la ciudad que deseamos.

Palabras clave: Indicadores, visualización de información, paisaje.

Key words: Indicators, data visualization, landscape.

(1) Fundación Galicia Sustentable, (2) Profesor Asociado Universidade de A Coruña, (3) Ilux technologies, (4) Freelance.
E: marcos.perez@galiciasustentable.org

Riesgo de infoxicación urbana

El ritmo al que avanzan las tecnologías de adquisición y procesamiento de datos dificulta en gran medida la organización que este gran flujo de información requiere para su transformación en conocimiento aplicable a la gestión cotidiana. Cada vez, se obtienen más datos de la ciudad y se monitorizan más variables en tiempo real sin que nos hayamos parado a dotarnos de la organización necesaria para poder aplicar y aprovechar todas las capacidades tecnológicas de las que disponemos en la actualidad.

Se plantea en este artículo la necesidad de asentar bases sólidas que representen el ecosistema urbano y que permitan orientar la captación y gestión de la información hacia la utilidad en la toma de decisiones. Para ello es necesario construir un modelo que recoja, interprete y represente la compleja estructura de variables e interrelaciones que pueden y deben determinar la estrategia para su correcto desarrollo. Más allá de paneles con indicadores, un sistema de seguimiento desarrollado en base a un modelo bien definido aporta la interpretación de las mediciones y sus relaciones ayudando así a mejorar la formulación de políticas y actuaciones municipales.

Medir el desempeño de los ecosistemas urbanos

Las ciudades viven en continua evolución hacia sistemas cada vez más complejos en los que su desarrollo no depende únicamente de su capacidad e infraestructuras físicas sino, cada vez más, de la capacidad de favorecer la innovación y generar conocimiento e infraestructura social. En este nuevo marco de desarrollo, conocer los efectos derivados de las actuaciones que se producen en la ciudad tiene una importancia vital, desde la perspectiva de la toma de decisiones. Además, medir la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos es un esfuerzo imprescindible para poder aseverar que avanzamos hacia el diseño de la ciudad que nos merecemos como sociedad y que podemos permitirnos como una especie más de este planeta.

Cada hecho ciudadano o decisión de gestión municipal está relacionado con otros acontecimientos, que producen entre sí nuevas relaciones y eventos en un proceso que finalmente define el funcionamiento de la ciudad. Un sistema de indicadores alineado con la estrategia de ciudad, permite tomar decisiones operativas para mantener una línea de evolución deseada. Al mismo tiempo ofrecen información para el control, manejo y administración de cara a determinados objetivos sectoriales y monitorización permanente del desempeño de diferentes procesos que permite medir los impactos directos e indirectos de las decisiones tomadas.

Marco conceptual del sistema de seguimiento (SISE)

Cada ciudad debe definir su modelo de desarrollo en función de los retos que afronta dadas las características que le aporta su entorno y su identidad. Establecer un adecuado sistema de seguimiento orientado a la gestión requiere de un conocimiento profundo y de detalle, no sólo de la ciudad en cuestión, sino también de su contexto y sus intenciones estratégicas.

Frente a los retos de la ciudad se construye una visión que ilustra dónde queremos estar en el futuro. A partir de este punto, el proceso de planificación estratégica se centra en

Risk of urban infoxication

The fast and continuous advance of acquisition and data processing technologies is making difficult to organize this big flow of information, as it is needed to transform it into knowledge for daily management. Every day, more and more data is obtained from the cities and more and more variables are being monitored in real time, even if we have not taken our time to design the organization for all the technological capacities we have at this moment.

This article raises the need of setting solid basis to represent urban ecosystems so that we can guide both information caption and management, towards the usefulness in decision-making. For that, we need to build a data model able to obtain, interpret and represent the complex structure of variables and relations, which, from the functioning of the city, determine the strategy for its adequate development. Much more than an indicators panel, a monitoring system developed on the basis of a well-defined model provides measurement interpretation and variable relations which help to improve municipal plans and policies.

Measuring urban ecosystems performance

The cities live in continuous evolution towards increasingly complex systems in which their development is no longer depending solely on its capacity and physical infrastructure but, increasingly, depends on the ability to foster innovation and generate knowledge and social infrastructure. Within this new framework of development, knowing about the effects of the activities occurring in the city is vital, from the perspective of decision-making.

Besides, measuring the sustainability of urban ecosystems is an essential effort to be able to assert that we are moving towards the design of the city that we deserve as a society and the one we can afford as one more of the species living in this planet.

Both personal and municipal acts or decisions are related to other events, causing new relationships and events in a process that finally defines the operation of the city.

An indicators system, aligned with the strategy of the city, allow to make operational decisions to maintain a line of desired evolution. At the same time they offer information to control, management and administration for certain sectorial objectives and permanent monitoring of the performance of different processes allowing to measure the direct and indirect impacts of decisions.

SISE's (Monitoring System) conceptual framework

Each city must define its model for development depending on its challenges given its identity and environmental characteristics. To establish an adequate and management-oriented monitoring system requires a deep knowledge in detail, not only of the considered city, but also its context and its strategic intentions.

Considering the challenges of the city a vision is built. A vision representing where we want to be in the future. From here, the strategic planning process focuses on making this vision real through priorities and objectives.

To be able to monitor is required to implement metrics and indicators, both quantitative and qualitative. These

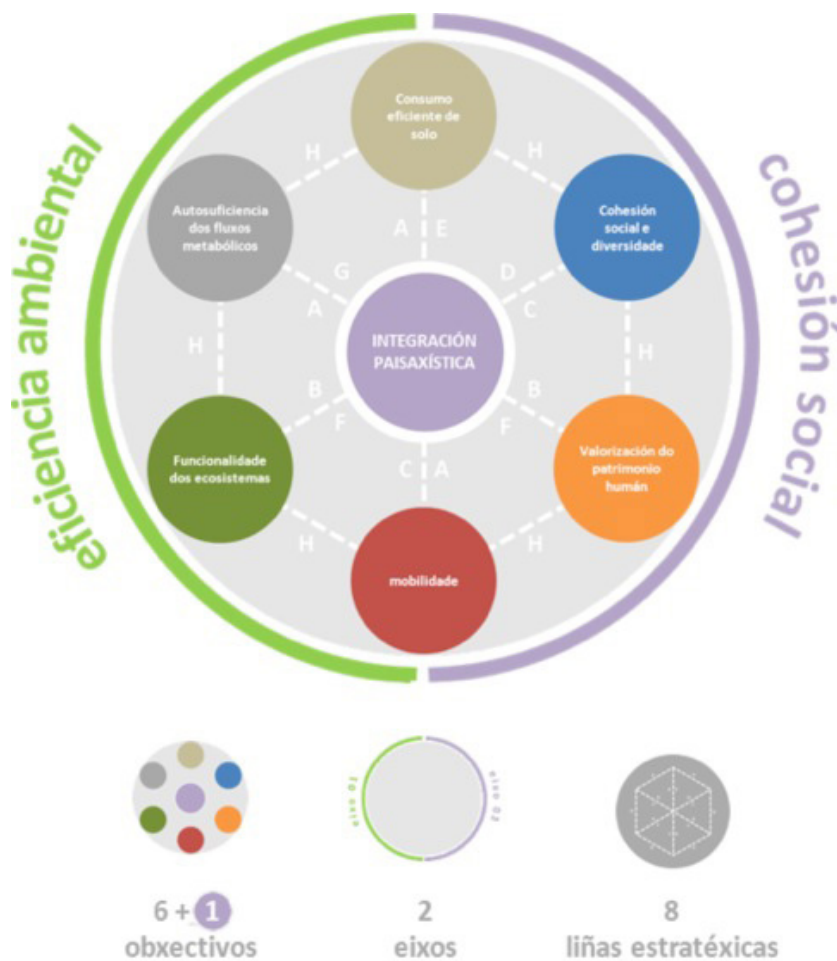


Fig. 1. DOT Galicia. Esquema conceptual del modelo territorial sustentable de Galicia. Borobio Sanchiz, Manuel; et al 2012.

DOT Galicia. Diagram representing Galicia's the sustainable territorial model. Borobio Sanchiz, Manuel; et al 2012.

la concreción a través de prioridades y finalmente objetivos.

Para poder realizar un seguimiento es necesaria la implementación de medidores e indicadores, tanto cuantitativos como cualitativos. Estos indicadores dan una respuesta sintética a preguntas clave y nos ayudan a comprender y por lo tanto a poder explicar el funcionamiento de la ciudad. Una vez establecidos los objetivos, sus medidores y los indicadores, la utilización de tecnología y sensorica se adapta al sistema de seguimiento en lugar de lo que en múltiples ocasiones encontramos que es un sistema adaptado a la sensorica o la información disponible en un momento dado.

El procesado de datos debe garantizar que la conectividad e interoperabilidad de la información sean una premisa básica orientada al usuario final. El concepto que permite esta gran flexibilidad es que el modelo se centre en trabajar sobre el dato y la transmisión de la información más allá de aportar una intención finalista a priori de cada bit de información.

Categorías del modelo conceptual

El SISE se compone de tres categorías estructurantes que organizan los múltiples elementos que lo componen: categoría estratégicas, categorías de medición y categorías de valoración.

Categorías estratégicas

Son los desarrollos que han venido relacionando los retos con la visión y permitido que de esta se desprendan las prioridades y los objetivos. Desde estas categorías estratégicas se desarrollan todas las siguientes etapas de modelización y por tanto la coherencia interna.

indicators give a synthetic response to key questions and help us to understand and therefore to be able to explain the functioning of the city. Once established our city strategic objectives, its gauges and indicators, the use of technology and meter systems adapts to the tracking system instead of what we repeatedly find in other projects, a system adapted to the sensor devices or the information available at a given moment.

Data processing must ensure that connectivity and information interoperability are user-oriented basic premises. The concept, which allows this flexibility, is that the model is focused on the data and the transmission of the information further than providing a finalist intention of every bit of information.

Categories in the conceptual model

The SISE is based on three structural categories that organize the multiple elements that compose it: strategic categories, measurement categories and valuation categories.

Strategic categories

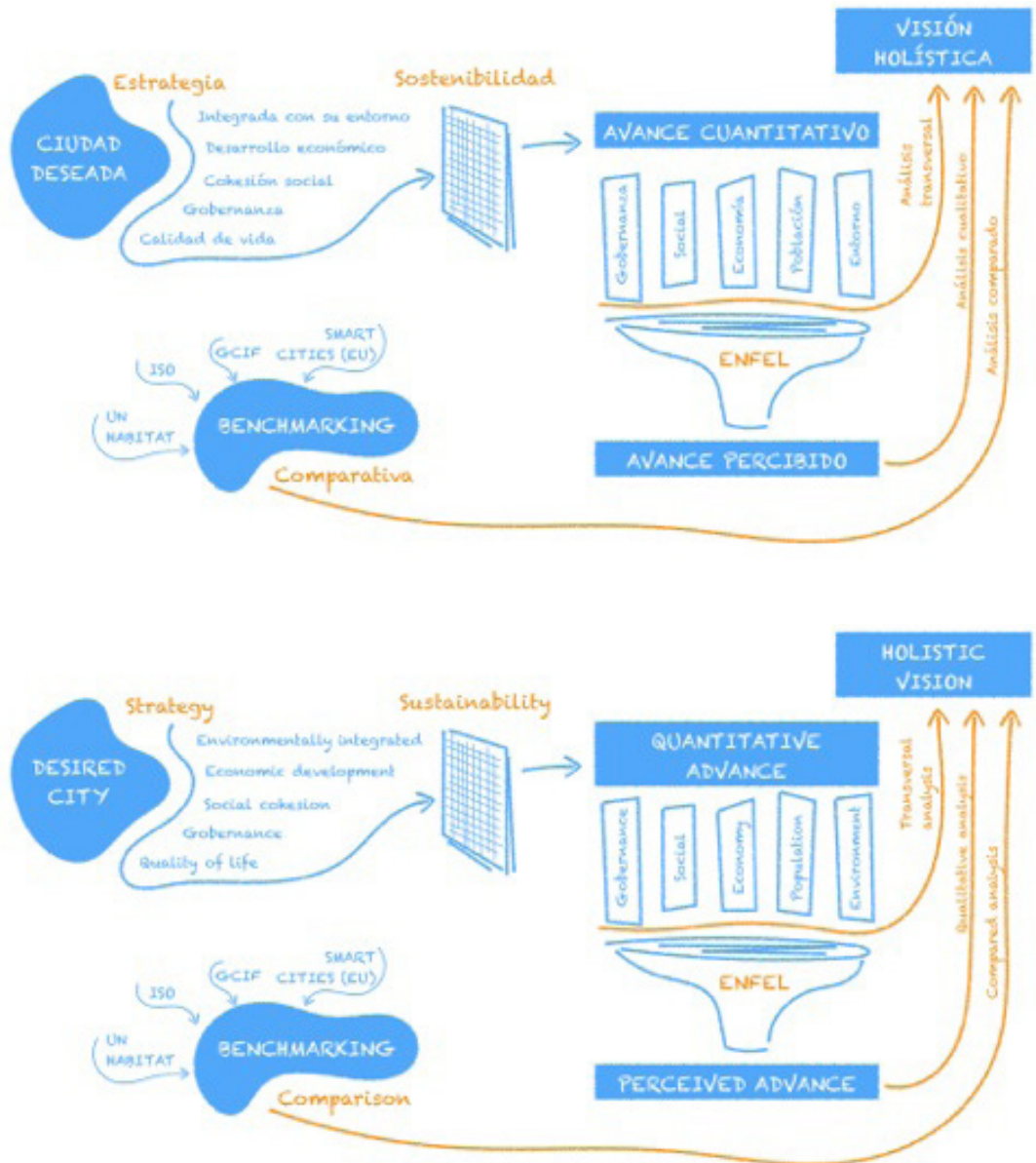
These developments allow the objectives to be deduced form priorities. From these strategic categories, all the following modelling stages are developed and therefore the inner coherence.

Measurement categories

Measurement categories are developed from the strategic plan. They will enable us to assess the performance of the city, impacts of the urban activity on the environment, and also the degree of implementation of the strategic plan itself as well as the suitability of the developments and

Fig. 2. SISE. Estructura y relación de los elementos que conforman el SISE. Payán Pérez, Melania y Pérez Gulín, J. Marcos, 2013.

SISE. Structure and relation among the elements composing the SISE. Payán Pérez, Melania y Pérez Gulín, J. Marcos, 2013.



Categorías de medición

Las categorías de medición permiten valorar el desempeño de la ciudad, los impactos de la actividad sobre el entorno, y también el grado de ejecución del propio plan estratégico y la idoneidad de los avances y cambios que con la implementación de dicho plan se están produciendo en la ciudad.

Categorías de valoración

Elaborado el sistema de indicadores, las categorías de valoración incorporan las decisiones y acciones implementadas en un determinado periodo de tiempo y se realizan las operaciones que nos permitan valorar la evolución hacia la visión (situación deseada) en un momento dado (situación actual).

Diseño del sistema de seguimiento

Modelizando la ciudad deseada

A partir de los retos de ciudad y en función de la situación de partida, se identifica una situación objetivo: la ciudad deseada.

changes that are taking place in the city as a result of the implementation of this plan.

Valuation categories

Once the system of indicators is developed, assessment categories include decisions and actions implemented in a given period of time and perform operations that will allow us to assess the evolution towards the vision (desired situation) at a given time (current situation).

Design of the monitoring system

Modelling the desired city

From the city challenges and on the basis of the starting situation, a target situation is identified: the desired city.

The desired city is what we want the city to be within a period of time. This vision is the focus point towards which all the efforts should be oriented. It should be a comprehensible, clear and concise definition in such a way that it allows to develop priorities that will guide us in short and medium-term operational decisions.

These priorities allow us to define the objectives and,

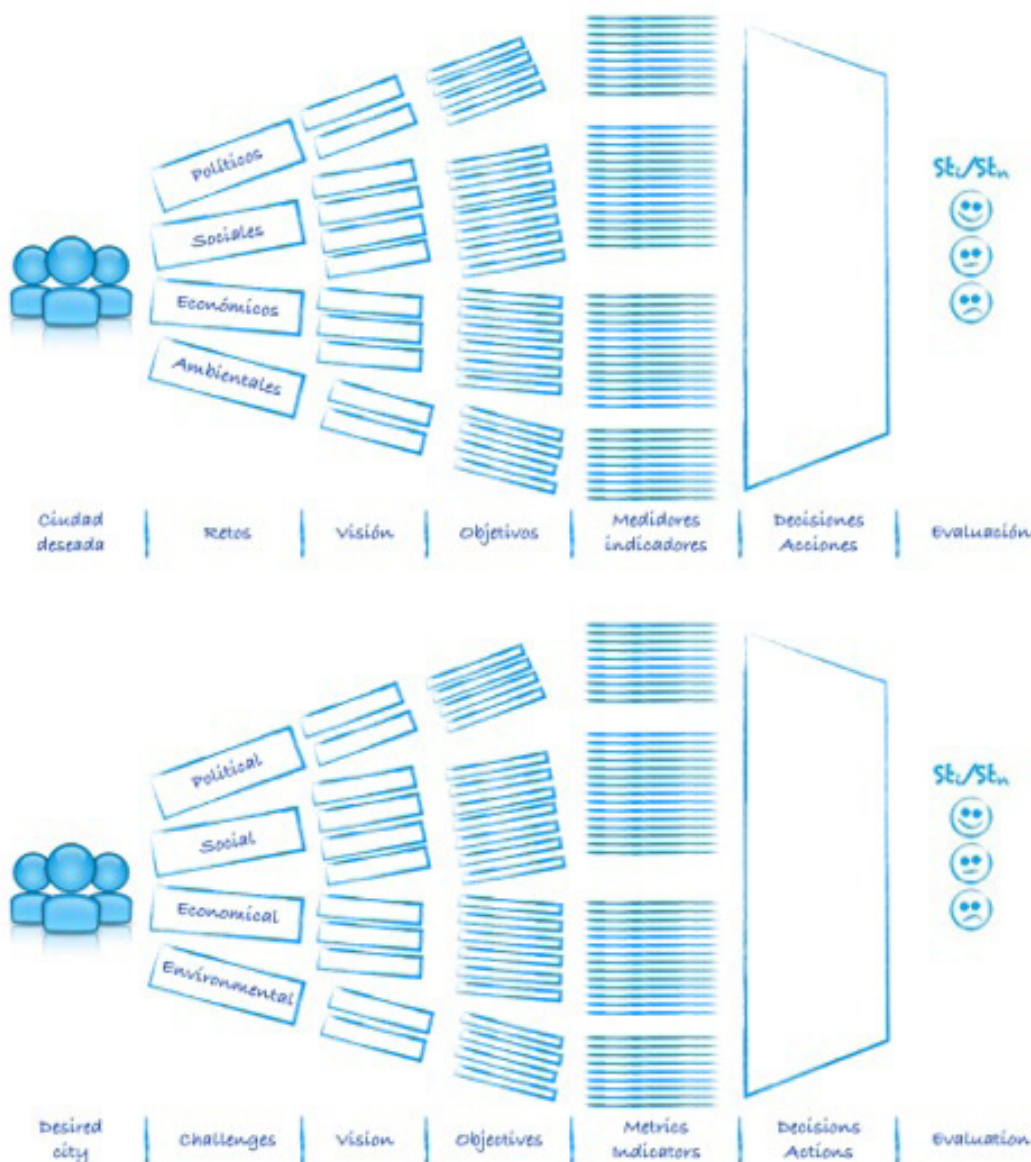


Fig. 3. SISE. Desagregado del proceso del sistema de seguimiento desde la estrategia a la medición. Payán Pérez, Melania y Pérez Gulín, J. Marcos, 2013.

SISE. Disaggregating the process from strategy to measurement. Payán Pérez, Melania y Pérez Gulín, J. Marcos, 2013.

La ciudad deseada es la visión de lo que debería ser la ciudad en un plazo de tiempo determinado. Esta visión es el punto de enfoque hacia la cual se orientan los esfuerzos y debe concretarse en una definición comprensible, clara y concisa de forma que permita facilitar que a partir de ella se desarrollen las prioridades que nos orientarán en las decisiones operativas de corto y medio plazo.

Estas prioridades permiten concretar los objetivos y, por lo tanto, recrear un modelo de ciudad que facilita que la gestión y la toma de decisiones se desarrollen por las líneas estratégicas marcadas.

Gestión de la información

La sistematización de la información es clave para poder trabajar con ella. Es el modelo de datos el que condiciona el diseño de la arquitectura tecnológica necesaria para el procesamiento de todo el volumen de información y la necesaria configuración del BIG Data que lo alimenta.

El carácter espacial de los datos y el enfoque hacia el ciudadano, hacen que sea imprescindible diseñar un modelo de datos que represente y muestre esa realidad compleja, que es el territorio urbano, de una manera comprensible y aprehensible.

therefore, to recreate the city model where managing and decision-making are aligned to the established strategic lines.

Information management

The information model is a key element to be able to work with data. This modelling should influence the design of the technology architecture needed for processing the entire volume of information and the necessary settings on the BIG Data feeding it.

Spatial data and its focus on the citizen, make it essential to design a data model that represents and displays this complex reality, which is the urban territory, in a understandable and apprehensible way, from where the monitoring can take place.

Data processing and information

The SISE leans on MoSGHo technology (engine of the holistic management system, Motor del Sistema de Gestión Holístico in spanish) to process the data and ensure interoperability. This rendering engine is focused on the final user and the connectivity and interoperability of information. The concept, which allows this adaptability, is to work on the data and the transmission of the information

Procesado de datos e información

El SISE se apoya en el MoSGHo (Motor del Sistema de Gestión Holístico) para el procesado de datos que es el responsable de garantizar la interoperabilidad. Este motor de procesamiento se concibe orientado al usuario final y a la conectividad e interoperabilidad de la información. El concepto que permite esta adaptabilidad es trabajar sobre el dato y la transmisión de la información en lugar de centrarse en lo que efectivamente se quiere medir.

Diseño de los indicadores

Los indicadores se diseñan a partir de los objetivos establecidos buscando aquellos operadores que mejor midan y que son representativos de las relaciones clave del sistema de la ciudad.

Indicadores de sostenibilidad. Muestran la situación de las variables clave de la sostenibilidad en el entorno. Son indicadores del estilo de la calidad del aire, calidad del agua... Tratar de influenciar y cambiarlos no es una cuestión unilateral sino que requiere o es afectada por la actuación de distintos actores presentes en el entorno.

Indicadores de estratégicos. Miden la contribución a los objetivos estratégicos. Estas mediciones e indicadores se diseñan para conocer lo que la ciudad está haciendo para conseguir estos objetivos y cómo lo está consiguiendo.

Encuesta de felicidad. Si los medidores e indicadores cuantitativos aportan una valoración objetiva de ese funcionamiento óptimo o deseado de la ciudad, la comprobación última de la eficacia de las decisiones adoptadas recae en el conocimiento del sentir de la población que desarrolla en ella su vida.

Motor del Sistema de Gestión Holística

El MoSGHo integra e interrelaciona las múltiples fuentes de información, variables y subsistemas que conforman la ciudad. Estos datos se organizan previamente según el modelo de datos que se alimenta del mayor número de fuentes de información posible.

Las relaciones relevantes y evidentes entre los datos y los elementos se representan con herramientas de medición (indicadores), pero además, a través de procedimientos de identificación de patrones y relaciones entre conjuntos de datos se pueden llegar a reconocer interacciones no esperadas (patrones ocultos) que una vez validadas por el operador del sistema, se incorporan como fuentes de información que pueden detectar pautas de comportamiento que no son evidentes.

Este trabajo constante e iterativo de minería sobre todos los datos existentes en la ciudad facilita la gestión de ingentes cantidades de información identificando eventos singulares y permitiendo que el operador del sistema no tenga que centrarse en la valoración de todos los datos sino solamente de estos eventos singulares, con lo que no solamente se mejora la capacidad de decisión sino también la eficiencia en el tiempo de toma de decisiones.

Accesibilidad y visualización

La tecnología eVidens posibilita la integración homogénea de datos provenientes de múltiples fuentes. Un modelo de datos 3D sobre el terreno permite la interacción avanzada de los usuarios utilizando conceptos comprensibles por cada perfil así como la construcción de visores avanzados orientados a cada necesidad contando así, con sistemas de visualización avanzados para generar una presentación de información adaptada a las necesidades y conocimientos de cada usuario.

rather than focusing on what actually you want to measure.

Designing indicators

The indicators are designed from the objectives. We look for those operators which offer a better measurement and which are representative of the key system of the city relationships.

Sustainability indicators. They show the situation of the variables identified as key for sustainability in the environment. They are indicators like the quality of air, water quality, style... To try to influence and change them is not a unilateral decision but it requires or is affected by the performance of the different actors in the environment.

Strategic indicators. They measure the contribution to the strategic objectives. These measurements and indicators are designed to learn what the city is doing to achieve these objectives, and how it is getting to them.

Happiness survey. If the meters and quantitative indicators provide an objective assessment of the desired or optimal functioning of the city, checking the effectiveness of the decisions taken lies in the knowledge of the feelings of the population.

Engine of the holistic management system

The MoSGHo engine integrates and interrelates the multiple data sources, variables and subsystems composing the city. These data will be previously organized in a spatial data infrastructure comprising the largest number of possible information sources.

Relevant and obvious relationships between data and the elements are represented as measurement tools (indicators). But also, through procedures of identification of patterns and relationships between data sets non-expected interactions (hidden patterns) may be recognized. Once validated by the system operator, these relations, now obvious, are incorporated as sources of information that can detect patterns of behaviour that are not readily apparent.

This steady and iterative work of mining on all existing data for the city facilitates the management of huge amounts of information by identifying unique events and

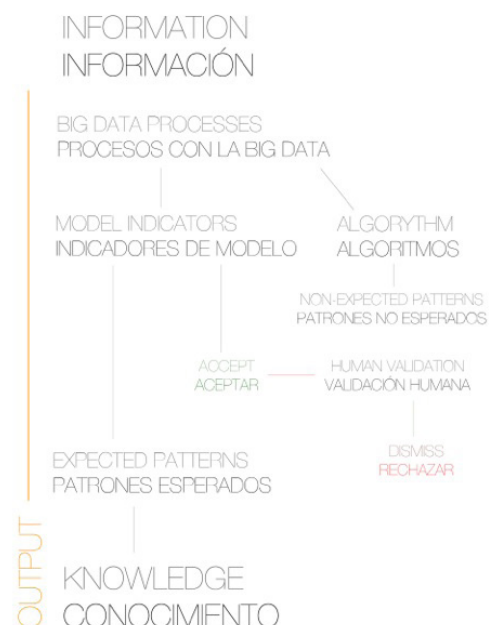


Fig. 4. MOSGHO. Motor de cálculo para soporte del SISE. Pérez Gulín, J. Marcos, 2012.

MOSGHO. Engine to nurture operated information to the SISE. Pérez Gulín, J. Marcos, 2012.



Fig. 5. eVidens. Muestra de visualización con la tecnología eVidens. Ilux Visual Technologies 2012.

eVidens. Visualization sample using eVidens technology. Ilux, Visual Technologies 2012.

La visualización y la difusión de la información debe facilitar que la sociedad se implique y participe en la gestión de la ciudad y, sobre todo, que la ciudadanía y los agentes dinamizadores aporten valor añadido a la información convirtiéndola en conocimiento.

Junto con los contenidos que le aporta el SISE, eVidens constituye una plataforma de comunicación que permite acercar al usuario y al observador a los acontecimientos territoriales de manera sencilla e intuitiva y que ofrece además, la posibilidad de profundizar, en mayor o menor medida, en los detalles y datos que proporciona un área facilitando así la planificación o resolución de problemas.

Utilización y funcionamiento

Definida la base conceptual del SISE su funcionamiento operativo mantiene cierto paralelismo con los trabajos realizados por el Instituto de Estudios del Territorio plasmados en el Plan de Seguimiento de la Sustentabilidad Territorial, creado para la evaluación del modelo territorial propuesto en las Directrices de Ordenación del Territorio de Galicia.

Actores, roles y órganos

Los departamentos y entes municipales deben trabajar en coordinación con expertos y agentes sociales en las diversas materias de interés y con incidencia en el modelo de ciudad. Para ello es necesario constituir una comisión de seguimiento del propio sistema diseñado y, de cara a la mejora continua, grupos técnicos de trabajo que conviertan la información disponible en conocimiento.

Herramientas del SISE

- *Sistema de Indicadores para la Evaluación de las Decisiones* que permite conocer el resultado global de la eficacia y el efecto de las decisiones que se tomen desde la Administración local.
- *Sistema de Indicadores Estándar para la comparación con otros contextos* como estrategia para el intercambio de experiencias y de conocimiento en un mundo globalizado.
- *Encuesta de felicidad (ENFEL)*. Considerando como fin último la felicidad de las personas, entendiendo que está íntimamente relacionada con la existencia de un entorno urbano amable y vivible donde el funcionamiento de los elementos y servicios de la ciudad sea capaz de satisfacer todas las necesidades de sus habitantes.

allowing that the system attendant does not have to focus in the assessment of all data but only of these singular events, which not only improves decision-making but also efficiency in decision-making time.

Accessibility and visualization

eVidens technology integrates data from multiple sources homogeneously. On a 3D model eVidens allows advanced user interaction using understandable concepts for each user's profile and allows construction of advanced end-user-oriented viewers.

Information visualization and dissemination should facilitate the society to become involvate and participate in the management of the city and, above all, it will allow citizenship and dynamic agents to contribute added value to the information, allowing it to become knowledge.

Together with the SISE, eVidens constitutes a communication platform that allows the user and the observer to approach to territorial developments in simple and intuitive way. It also offers the possibility of deepening, in greater or lesser extent, in details and data that provides an area and access any data from one system responding to all the questions and concerns that could be taken to planning or resolution of problems.

Using and functioning the sise

Once explained the theoretical basis the operation proposed keeps a certain parallelism with the work by the Instituto de Estudios do Territorio in the Plan de Seguimiento de la Sustentabilidad Territorial (monitoring plan of the territorial sustainability), created for the evaluation of the territorial model proposed in the Directrices de Ordenación do Territorio of Galicia (management guidelines of the territory).

Actor and roles

Departments and municipal entities must work in coordination with experts and stakeholders in the various subjects of interest and with incidence in the city model. So, it is necessary to set up a Monitoring Commission for the system as a whole and facing the continuous improvement, technical working groups that turn information into knowledge.

Tools

- *Indicator system for the evaluation of decisions*. This evaluation allows to know the overall result of the efficiency and the effect of the decisions that are

Evaluación

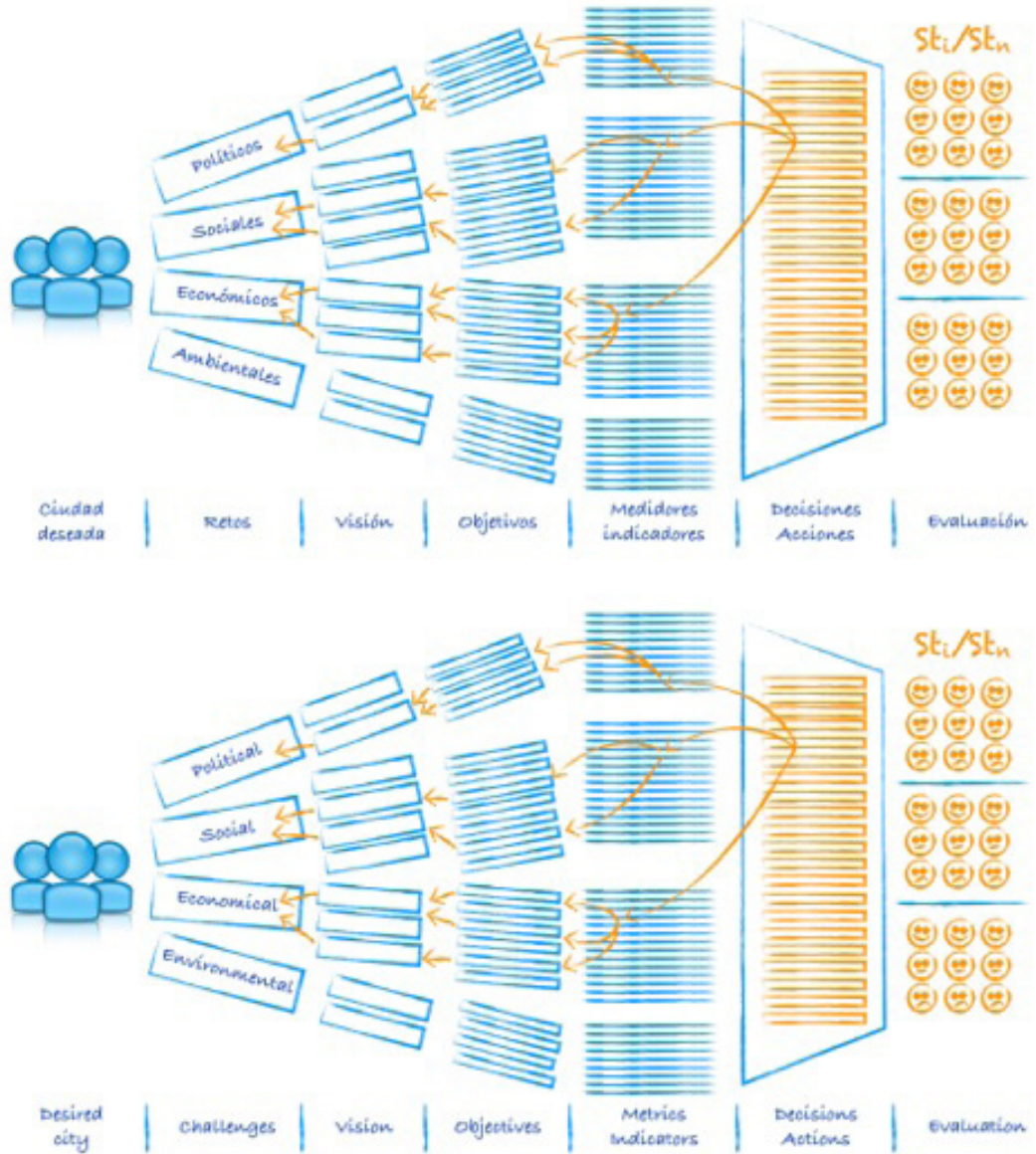
Evaluar el estado de la ciudad en función de un escenario deseado supone el análisis de un conjunto ingente de variables en la búsqueda de aquellas relaciones clave que expliquen el funcionamiento del sistema urbano.

taken from the Local Administration.

- *Standard indicator system for comparison with other contexts.* Comparison with the evolution of the performance of cities in other contexts is a vital strategy for the exchange of experiences and

Fig. 6. SISE. El proceso de evaluación sobre el SISE. Payán Pérez, Melania y Pérez Gulín, J. Marcos, 2013.

Evaluation process on SISE. Payán Pérez, Melania y Pérez Gulín, J. Marcos, 2013.



El SISE nos permite evaluar las decisiones y acciones en función de los marcos de desempeño establecidos, los plazos fijados y la dirección deseada.

- *Evaluación holística.* Ofrece una visión global de la ciudad incorporando los resultados de los indicadores de desempeño, así como los estratégicos y ofreciendo un resultado sintético que nos dice no sólo si vamos en la dirección adecuada sino también si esta evolución se está produciendo al ritmo adecuado.
- *Evaluación estratégica.* Incorpora las consideraciones estratégicas a la luz de toda la información disponible en un determinado momento.
- *Evaluación de la sostenibilidad.* Monitoriza variables clave de la sostenibilidad de la ciudad que nos permita detectar efectos indirectos no deseados sobre las mismas. Permite la autoevaluación de la coherencia

knowledge in a global world.

- *Happiness survey (Encuesta de Felicidad, ENFEL, in spanish).* Considering as ultimate goal the happiness of the people, and understanding that it is closely related to the existence of a friendly and liveable urban environment where the operation of elements and city services is able to satisfy all the needs of its inhabitants.

Evaluation

To assess the state of the city according to a desired scenario therefore assumes the analysis of a huge set of variables in the search for those key relationships that explain the operation of the urban system.

The SISE allows us to guide the decisions and actions within the established framework of performance, within the fixed deadlines and in the desired direction.

externa de la planificación estratégica.

- *Evaluación avanzada.* Técnicos conocedores del proceso de agregación podrían hacer una búsqueda inversa para identificar el origen de la información presentada.

Conclusion

La planificación estratégica de las ciudades tiene un gran aliado en las TIC que aportan cada vez más información que permite valorar alternativas y anticipar los efectos previsibles de las decisiones que se toman o acciones que se ejecutan. Sin embargo, este aliado puede convertirse en un importante riesgo si no se diseñan sistemas robustos y flexibles para la gestión de las ingentes cantidades de información generada por las ciudades.

Un sistema de seguimiento como el que se ha planteado a lo largo del artículo debe mantener coherencia con el plan estratégico que proyectará la ciudad hacia un nuevo modelo en el que la ciudadanía tengan a su alcance herramientas que permitan evolucionar por la senda deseada.

Básicamente se trata de desarrollar un Sistema de Seguimiento estructurado en torno a tres aspectos fundamentales: conceptos estratégicos; medidores e indicadores y; validación de decisiones.

Aunque parezca lo más básico, hemos encontrado gran dificultad para definir un plan estratégico de ciudad con las características necesarias para implantar un sistema sólido de monitorización y seguimiento.

Por otra parte, el funcionamiento compartimentado de cualquier nivel de la administración dificulta una labor coordinada y, sobre todo, un acceso ágil y homogéneo a datos e información. Además el esquema de agregación en la generación de información se basa en unidades administrativas, cuyos límites no se corresponden con la realidad continua de la ciudad.

También es importante considerar los múltiples y variados perfiles de usuario de la información de la ciudad. La visualización 3D ofrece una cercanía fácilmente interpretable por cualquier tipo de usuario que, acompañada por una representación accesible de la información permite la identificación de decisiones que pueden contribuir en múltiples niveles de corresponsabilidad.

Todas estas herramientas tratan de acercar una gestión que tiene efectos en la vida cotidiana de todos los habitantes de una ciudad para tratar de hacerlos conscientes y corresponsables en la construcción diaria de la ciudad que merecemos como sociedad y podemos permitirnos como planeta.

Regarding to the evaluated content we consider:

- *Holistic evaluation* provides a holistic view of the city, incorporating the results of the performance indicators, as well as the strategic and offering a synthetic result that tells us not only if we are going in the right direction but also whether this evolution is occurring at the right pace.
- *Strategic evaluation* incorporates strategic considerations in the light of the information available at a given moment.
- *Sustainability evaluation* monitors the key variables for sustainability of the city that will allow us to detect unwanted indirect effects. It allows the self-assessment of the external coherence of strategic planning.
- *Advanced evaluation.* Technical experts on the aggregation process would be able to do a reverse lookup to identify the cause or causes for a certain negative result on an indicator or simply different than expected.

Conclusion

The strategic planning of cities has a great ally in ICT. ICT contribute increasingly more information allowing assessing alternatives and anticipating the foreseeable effects of the decisions or the actions taken. However, this partner can become a significant risk if not robust and flexible systems for the management of the vast amounts of information generated by the cities are designed.

A tracking system like the one that has been raised throughout the article should be consistent with the strategic plan that projected the city towards a new model that citizens have at their disposal tools allowing to evolve along the desired path.

Basically it's developing a follow-up system structured around three key aspects: strategic concepts; metrics and indicators, and; decision validation.

Although it seems the basics, we have found great difficulty to define a strategic plan of city with the necessary characteristics to implement a robust system of monitoring and follow-up.

On the other hand, compartmentalized operation at every level of the Administration makes it difficult a coordinated work and, above all, a fast and homogeneous access to data and information. Also the scheme of aggregation in the generation of information is based on administrative units, whose boundaries do not correspond with the continuous reality of the city.

It is also important to consider the multiple and varied profiles of users for the information of the city. 3D visualization offers closeness and makes information easily interpretable by any user. Accompanied by an accessible representation of the information this friendliness allows the identification of decisions that can contribute in multiple levels of joint responsibility.

All these tools try to bring closer a management with effects on the daily life of all the inhabitants of a city to try to make them aware and jointly responsible in the daily construction of the city that we deserve as a society and we can afford as a planet.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

Borobio, M., Castillo, F., Payán, M., & Fernández, R. J. (2012). Ensayos de participación activa para la gestión dinámica del territorio. Experiencia desde los paisajes de Galicia. En *Equiciudad. La equidad como garante de la ciudad sostenible* (págs. 218-223). Donostia-San Sebastián.

Fernández Suárez, E. (2012). *Desarrollo de Actividades innovadoras para la Gestión del Territorio*. Vigo: Eixo Atlántico do Noroeste Peninsular.

Rueda, S. (2013). *El urbanismo ecológico. urban-e. Territorio, Urbanismo, Paisaje, Sostenibilidad y Diseño urbano*(#02).

Plan de seguimiento de las Directrices de Ordenación del Territorio de Galicia y de la sustentabilidad territorial, aprobado mediante el Decreto 176/2013, de 21 de noviembre.

Estudio energético y económico de la rehabilitación de la fachada de un edificio residencial en Madrid

Energy and economic survey of the renovation of a residential building wall in Madrid

Olatz Pombo¹, Federico García-Erviti¹, Beatriz Rivela², Javier Neila¹

ABSTRACT

La edificación es un sector de enorme influencia en la evolución del consumo de energía y las emisiones de CO₂. Teniendo en cuenta que en estos momentos hay 3,5 millones de viviendas vacías y que los próximos años no va a haber un aumento en la demanda de vivienda nueva, la rehabilitación sostenible del parque residencial existente es una tarea prioritaria y sobre la que hay que prestar especial interés. Durante la última década, diversos municipios han puesto en marcha programas pioneros y las administraciones públicas han empezado a promover ayudas económicas para el fomento de la rehabilitación. Sin embargo, la actividad de rehabilitación en nuestro país todavía es baja. Dado que aún queda mucho donde actuar, es necesario hacer una reflexión sobre cómo se está rehabilitando para poder mejorar en el futuro. Por ello, el objetivo del presente trabajo es analizar algunas estrategias adoptadas hasta ahora en el parque inmobiliario y su aplicación en un caso de estudio, mediante la mejora de la fachada de un edificio de viviendas situado en Madrid. Partiendo de una revisión exhaustiva de los proyectos llevados a cabo por distintas entidades públicas, así como del estudio de más de 50 edificios residenciales privados rehabilitados con financiación de la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo (EMVS) de Madrid, se han identificado las principales soluciones adoptadas. A menudo, la rehabilitación con mejora energética ha venido motivada por una ITE (Inspección Técnica de los Edificios) desfavorable. Ante la obligatoriedad de rehabilitar ciertos elementos del edificio, las ayudas económicas existentes han propiciado que se mejore la eficiencia energética de los mismos. En las actuaciones privadas se observa que en la mayoría de casos se rehabilita del mismo modo, independientemente de la tipología edificatoria, orientaciones o localización. Además, son pocos los que aportan un estudio energético en profundidad que permita seleccionar las estrategias más adecuadas. Ante esta falta de reflexión, se evalúa la mejora que supone la actuación con criterios de eficiencia energética en la fachada de un edificio de viviendas de los años 60, mediante la incorporación de aislamiento térmico valorando distintas soluciones constructivas, variando sus espesores y su colocación con respecto a la fábrica original (exterior y en la cámara). Se analiza la mejora energética, mediante simulación (software Design Builder), y el coste económico, mediante la metodología "Coste de Ciclo de Vida", en el que se calcula no sólo la inversión inicial sino también los costes durante la vida del edificio (ahorros energéticos, costes de mantenimiento, etc.). Los resultados muestran que si bien el sistema de aislamiento por el exterior (SATE) desde el punto de vista energético es el óptimo, según el espesor de aislamiento utilizado, la inversión puede no ser rentable. Para espesores de aislamiento iguales o inferiores a 6 cm (solución más adoptada en Madrid) no es rentable. Como conclusión, este estudio muestra la necesidad de adoptar una visión holística en la rehabilitación incorporando la perspectiva del ciclo de vida, para poder elegir las soluciones más eficientes en cada caso.

Palabras clave: Rehabilitación, sostenibilidad, eficiencia energética, coste de ciclo de vida (CCV).

Key words: Renovation, sustainability, energy efficiency, life cycle cost (LCC).

(1) Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. ETSAM - Universidad Politécnica de Madrid (2) Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), Quito (Ecuador). E: enekojokin.uranga@ehu.es

Introducción

En el conjunto de la Unión Europea, el sector de la construcción es responsable del 40% del consumo total de energía y del 36% de las emisiones de dióxido de carbono. En España, las viviendas representan un 17% del consumo de energía final y un 25% de la demanda de energía eléctrica¹. Debido a la actual crisis económica, el sector de la construcción ha reducido drásticamente su producción, habiendo caído en torno a un 85% respecto a 2006 y dejando más de 3.500.000 de viviendas vacías. Las predicciones de población del Instituto Nacional de Estadística (INE) muestran ya un débil crecimiento de un millón de residentes en España entre 2010 y 2020, y pronostican una estabilización de la población para el horizonte 2050. Por lo tanto, si España quiere cumplir con los objetivos 20-20-20, es necesario reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ del parque existente.

Desde 2008 también se han promovido diversos planes económicos con el fin de incentivar la rehabilitación privada. En un estudio previo, se han analizado los proyectos subvencionados por la Empresa Municipal de Vivienda y Suelo de Madrid en el período 2010-2012, para identificar las principales estrategias de rehabilitación aplicadas actualmente. Los resultados muestran que se actúa mayoritariamente sobre elementos puntuales de la envolvente, siendo muy pocos los casos en los que se opta por la rehabilitación integral. La cubierta es el elemento que más se ha rehabilitado (84%), seguido de la fachada (62%); los huecos, sin embargo, sólo representan el 23%. En cuanto a las soluciones constructivas utilizadas en fachada, se observa poca variedad, rehabilitándose en la mayor parte de los casos mediante un sistema de aislamiento por el exterior (SATE), variando el espesor del aislamiento entre 4 y 6 cm, siendo este último el más representativo.

El objetivo del presente trabajo es analizar las estrategias actuales de rehabilitación desde el punto de vista energético y económico. Para ello, se estudia la rehabilitación de la fachada de un edificio de viviendas de los años 60 en Madrid.

Descripción del caso de estudio

El edificio seleccionado se sitúa en el barrio de Aluche, un barrio periférico al suroeste de Madrid, construido durante los años 60 y 70 por grandes promociones de iniciativa privada. Se trata de un edificio construido en 1966, de renta limitada, compuesto por dos bloques de vivienda adosados, de doble crujía, de 5 alturas y con viviendas en planta baja. Las fachadas son de ladrillo cara vista rojo con el frente de forjado visto y pintado de blanco. La estructura es de muros de carga, paralelos a fachada. Ésta, como se observa en la figura 1, está compuesta por 1 pie de ladrillo macizo cara vista al exterior, cámara de aire de 5 cm y ladrillo hueco sencillo al interior. Por último lleva un enlucido de yeso.

Estudio del comportamiento energético del edificio y planteamiento de estrategias

La transmitancia térmica de la fachada, 1,30 W/m²K, dista significativamente de los límites exigidos por el Código Técnico de la Edificación, que para la ciudad de Madrid el CTE (2009) establecía el límite de 0,66 W/m²K, mientras que la versión actual la limita en 0,60 W/m²K. Con el fin de poder caracterizar la envolvente y estudiar sus deficiencias energéticas se ha realizado un estudio termográfico.

Introduction

In the European Union building sector is responsible of 40% of the total energy consumption and 36% of the CO₂ emissions. In Spain, housing represents 17% of the final energy consumption and 25% of the electricity demand¹. Due to the current economic crisis, building sector has dramatically reduced its production, decreasing almost 85% compared to 2006. Now there are approximately 3.500.000 empty houses. The predictions of the National Statistics Institute (INE) show a weak growth of one million citizens in Spain between 2010 and 2012. If Spain wants to achieve the "20-20-20" objectives, the reduction of energy consumption and CO₂ emissions of the housing stock is necessary.

Since 2008 several economic programs have been carried out in order to promote private renovation. In a previous work, projects supported by the Madrid Municipal Housing and Land Company (EMVS) in the period 2010-2012 have been analyzed in order to identify energy efficient strategies currently applied. Results show that single elements of the envelope are usually renovated, having very few cases where a deep renovation is carried out. The roof is the most upgraded element (84%), followed by the external walls (62%). Windows, however, only represent the 23%. Regarding the constructive solutions applied in façades, a short range is noted, using in most cases external thermal insulation systems (ETICS), with 4-6 cm insulation thickness.

The aim of the present research is to analyze the current renovation strategies both from an energetic and economic point of view. The renovation of the external wall of a housing block built in the 60s in Madrid has been carried out.

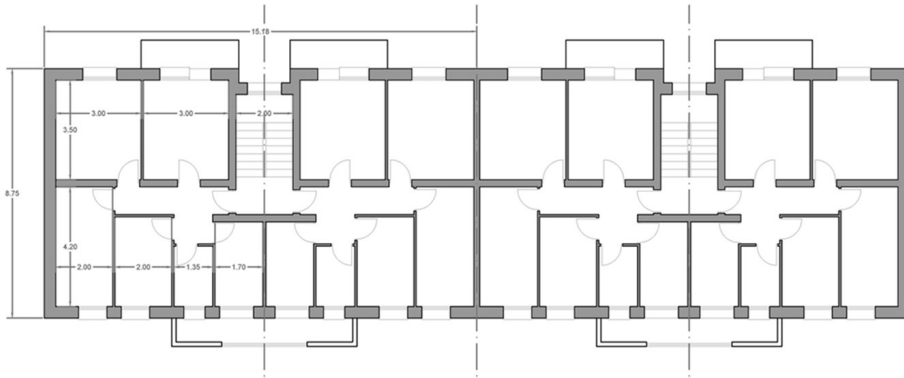
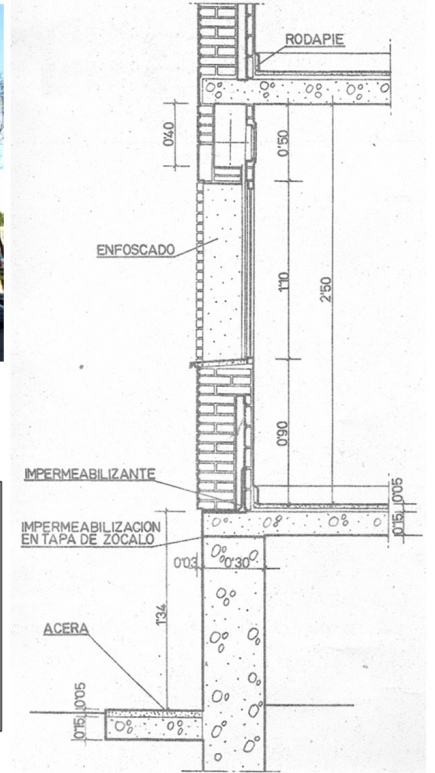
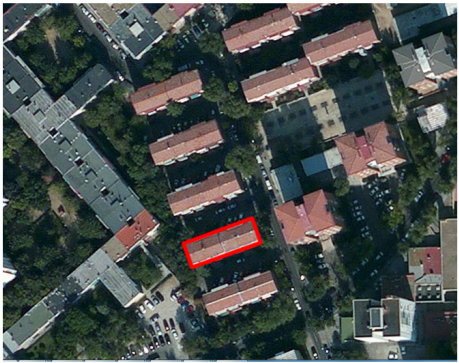
Description of the case study

The selected building is located in Aluche, which is a peripheral district in the southwest of Madrid from the 60s and 70s, built by private developers. The block was built in 1966, and it is composed by 2 detached block, with double-bay structure, 5-story building and with dwellings in the ground floor. Walls are in clinker brick with the slab exposed and painted in white. The structure is made of load-bearing walls parallel to the façade. As it can be observed in figure 1, the walls consist of 24 cm of clinker brick outside, 5 cm air gap and 4 cm hollow brick plastered.

Building energy demand and strategies applied

Thermal transmittance of the wall, 1,30 W/m²K, is far from the limit of the Spanish regulation (CTE) that for Madrid it was established as 0,66 W/m²K, and with the new building regulation (CTE 2013) it is limited to 0,60 W/m²K. A thermographic study has been carried out in order to characterize the walls. As it has seen in the plans, images (figure 2) show that it has not any insulation material and thermal bridges can be observed. Furthermore, it is proved that heating system is individual for each home as there are some heaters turned on while others are turned off.

Energy demand is calculated with the software Design Builder. This programme has been chosen instead of certification tools because it is more precise and each area of the building can be modelled in detail. Moreover, the simulation is done in dynamic regime. Energy performance of the building is summarized in figure 3, presenting heat



Planta pisos

Detalle constructivo

Como ya se observaba en los planos disponibles, en las termografías (figura 2) se puede constatar que la fachada carece de aislamiento y presenta puentes térmicos en todos los forjados. Además, la instalación de calefacción es poco efectiva, ya que gran parte del calor irradiado por los radiadores sale al exterior debido a la falta de aislamiento de la fachada. De este estudio también se puede deducir que la instalación de calefacción es individual, puesto que algunas viviendas la tienen encendida y otras no.

La demanda energética del edificio se calcula con el software Design Builder. La elección de este programa en lugar de las herramientas existentes de certificación y calificación energética, se debe a que este programa es mucho más completo y te permite definir al detalle cada zona del edificio. Además, la simulación se hace en régimen dinámico, por lo que se puede estudiar el funcionamiento del edificio hora a hora si fuese necesario. En la figura 3 se muestran los resultados de la simulación para el estado

loses through the envelope, intern gains and heating and cooling demand. As it can be observed, heat losses are highest in external walls due to the lack of insulation and affect directly to the conditioning demand.

The renovation of the external wall is therefore proposed. As window-wall ratio is approximately 20%, and heat losses are lower, the same solution will be applied in all cases. Is, therefore, proposed to replace existing windows by aluminium frame windows with thermal break. The selected glazing is climalit 4.6.4. External Insulation with a thickness of 6 cm is proposed for the external wall, because it has been one of the most used solutions in Madrid. As the energy requirements are increasingly restrictive, 9, 12 and 15 cm thick insulation solutions have been analysed. Even if nowadays the ETIC system is the most used, cavity wall insulation is also evaluated, because although from an energetic point of view is worst, initial investment cost is lower. Internal insulation is not considered; in addition to

Fig. 1. Plano situación, planta, detalle constructivo e imagen del edificio a rehabilitar.

Situation plan, plan view, detail and image of the building.

Fig. 2. Estudio termográfico del edificio a rehabilitar.

Thermographic study of the existing building.

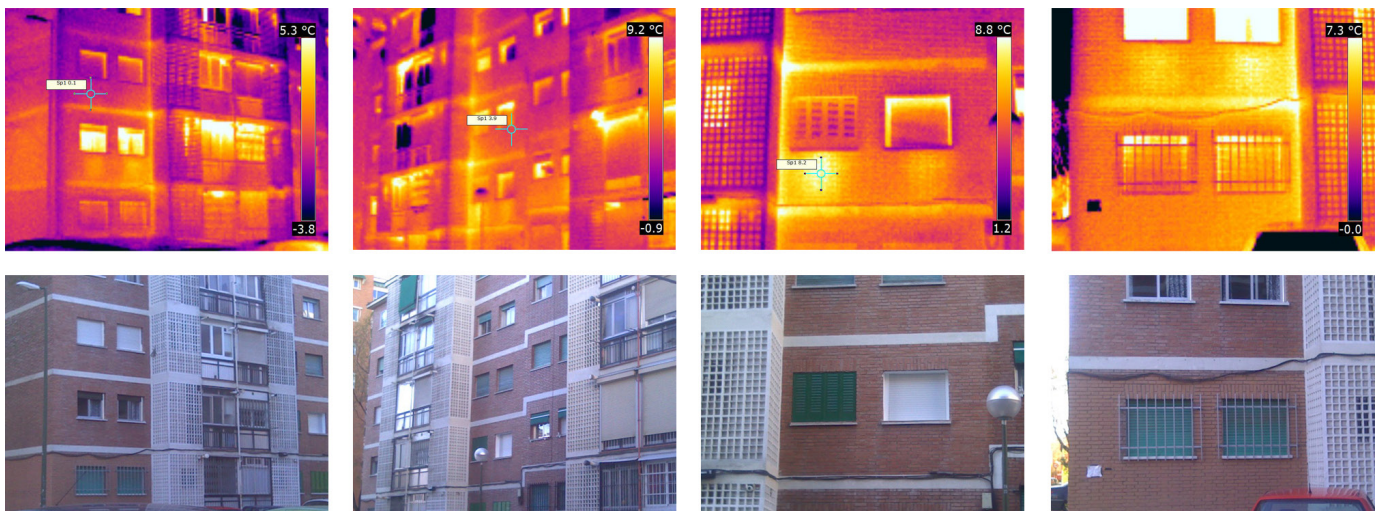
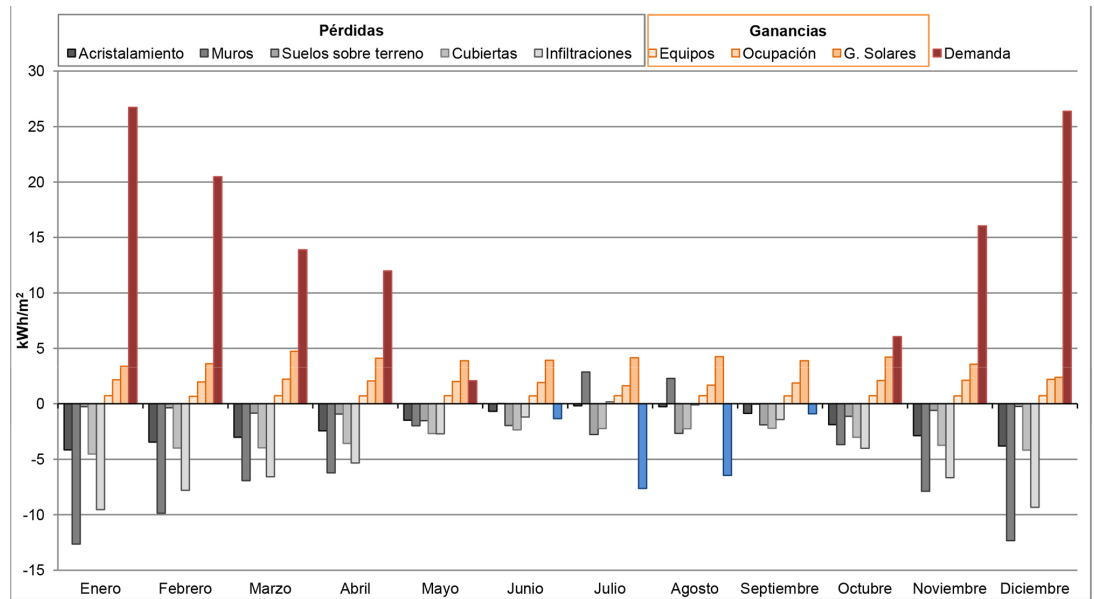


Fig. 3. Comportamiento energético del edificio en el estado actual.

Energy performance of the existing building.



actual. El gráfico recoge tanto la demanda de calefacción y refrigeración, como las ganancias y las pérdidas a través de la envolvente para ver la relación de la fachada con el consumo de calefacción o refrigeración. Se puede observar que la fachada es el elemento que mayores pérdidas tiene y que las pérdidas a través de la envolvente debido a la falta de aislamiento inciden directamente en la demanda de calefacción y refrigeración.

Por ello, se propone rehabilitar la fachada del edificio. Dado que en este caso los huecos suponen aproximadamente el 20% de la fachada, y como se observa en la figura 3 las pérdidas son menores, se va a considerar la misma solución para todos los casos. Se propone sustituir las ventanas existentes por carpinterías de aluminio con rotura de puente térmico con vidrios dobles climalit 4.6.4. En cuanto a la parte opaca se va a evaluar el aislamiento por el exterior con aislamiento 6 cm de espesor, puesto que hasta ahora ha sido el más utilizado en Madrid. Además, y dado que las políticas energéticas cada vez son más restrictivas, se analizan sistemas SATE con espesores de aislamiento de 6, 9, 12 y 15 cm. Pese a que el sistema SATE es el más extendido en la actualidad se incluye en el presente estudio la inyección de aislamiento térmico en la cámara existente, puesto que es un sistema inicialmente más económico, si bien desde el punto de vista energético es peor, puesto que no soluciona los puentes térmicos. El aislamiento por el interior no se tiene en cuenta, porque además de los problemas térmicos que puede acarrear, estas viviendas son de superficies reducidas y la incorporación del aislamiento por el interior implicaría reducir la superficie útil de las viviendas.

Estudio energético de las estrategias de rehabilitación

En la figura 4 se muestra la mejora que supone queda una de las medidas de rehabilitación estudiadas. Si bien al incorporar 5 cm de aislamiento en cámara reduce notablemente la demanda, a medida que aumentamos el aislamiento la reducción es menor. Aún así el sistema SATE presenta claramente mejores resultados que el relleno de la cámara de aire.

Considerando los datos anuales, la reducción de la demanda oscila entre un 14%, para el caso de relleno de cámara, y un 43% para el caso de añadir 15 cm de aislamiento por el exterior (Fig. 5).

the thermal difficulties, the incorporation of the insulation inside the house would reduce floor area.

Energy assessment of the renovation strategies

Figure 4 shows the improvement of each renovation action. While there is a high decrease of energy demand when adding insulation in cavity wall, as increasing insulation, the reduction rate decreases. Nonetheless, ETIC systems present better results than cavity wall insulation. According to the annual results, energy demand reduction ranges from 14% to 43%; this corresponds with cavity wall insulation and 15 cm thick insulation respectively (fig. 5).

Life cycle of the renovation (LCC)

Nowadays, when an energy efficient renovation is carried out in Spain, only energy savings are considered. Sometimes, investment cost and payback periods are also calculated. Life cycle cost, however, is rarely assessed. Durability of materials, maintenance and renovation are thus not taken into account. In addition to the energy assessment, the life cycle cost has been calculated for the selected strategies, in order to identify the most efficient. Life Cycle Cost (LCC) is the current value of the future cash flows of a building project over its entire life cycle. The current standard regulation is UNE-EN 15634-4:2012².

According to this standard, the following points should be defined in order to carry out the LCC:

Definition of the goal and scope

The objective of this assessment is to compare the economic behaviour of the selected retrofit measures, comparing not only the investment cost but also the impact of the maintenance, substitution or renovation during the lifespan of the building. System boundaries are therefore investment cost and use stage.

The functional equivalent is 1 m² of floor area, as it has been done in the energy calculations. The lifespan is calculated with the Spanish standard ECO/805/2003³, which establish a lifespan of 100 for residential buildings. A 53 years lifespan is considered because the building is from 1966 and the renovation of the facade will not prolong lifespan.

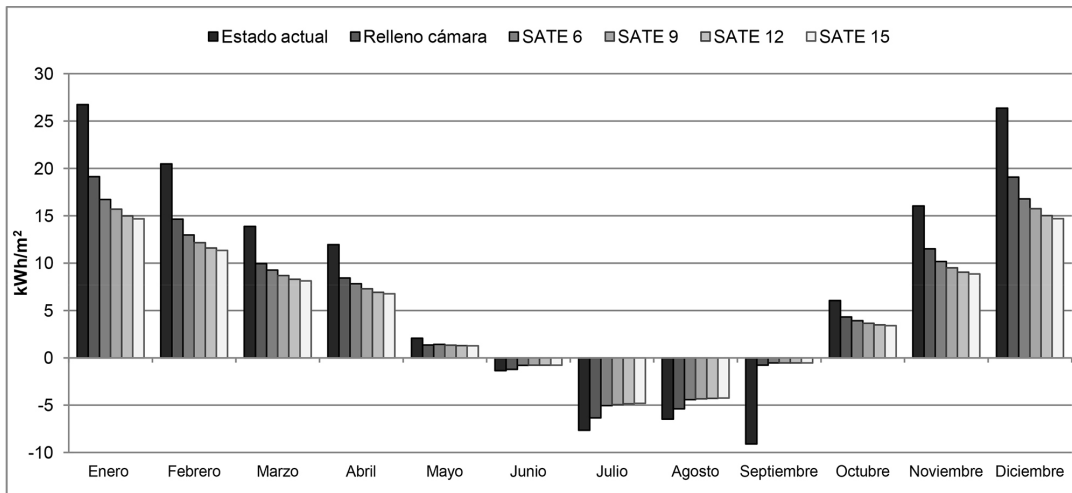


Fig. 4. Comparación de la demanda energética de calefacción y refrigeración mensual del estado actual del edificio con las alternativas de rehabilitación propuestas. Monthly heating and cooling energy demand comparison between the existing building and the alternatives proposed.

	Estado actual	R. Cámara	SATE 6	SATE 9	SATE 12	SATE 15
DEMANDA TOTAL	139,98	102,14	89,85	84,67	81,06	79,49

Fig. 5. Demanda anual del edificio en el estado actual y tras aplicar las estrategias de rehabilitación seleccionadas. Annual energy demand of the existing building and the renovation with selected strategies.

Estudio económico de las soluciones propuestas durante el ciclo de vida (LCC)

Actualmente, cuando se habla de rehabilitación energética o se realiza un proyecto de estas características en España, sólo se habla del ahorro energético que supone una solución u otra. En algunas ocasiones, se habla del coste de inversión y del periodo de amortización de la inversión. Pero no se habla del coste económico durante la vida útil del edificio. Por lo tanto, no se tiene en cuenta la durabilidad, el mantenimiento y la rehabilitación o sustitución durante los sistemas. Para poder determinar qué sistema es más eficiente, además del estudio energético realizado, se ha realizado una comparación de las cinco soluciones durante la vida del edificio. En análisis del coste del ciclo de vida (LCC) es el análisis del valor actual de los flujos financieros de un proyecto inmobiliario durante su ciclo de vida útil económica futura. La norma que lo regula España es la UNE EN 15634-4:2012².

Para poder realizar el análisis es necesario definir los siguientes puntos que establece la norma:

Definición de objetivos y alcance

El objeto de la evaluación es analizar y comparar el comportamiento económico de las estrategias de rehabilitación seleccionadas, comparando no sólo la inversión inicial, sino que también la repercusión que tiene el mantenimiento y la sustitución o rehabilitación durante la vida útil del edificio. Por ello, los límites del sistema abarcan la inversión inicial y la fase de uso.

El equivalente funcional en este caso se considera 1m² de superficie útil, tal y como se ha hecho en el estudio energético. La vida útil del edificio se calcula con la Orden ECO/805/2003³ que establece la vida útil máxima de un edificio residencial en 100 años. Dado que se trata de un edificio de 1966 en el que sólo se va a actuar en la fachada, considero que no se alarga la vida útil del edificio. Se considera, por tanto, una vida útil de 53 años.

Análisis de inventario

Para realizar el coste de ciclo de vida hay que sumar los costes iniciales, y los costes durante la vida útil del edificio, que se calcularán mediante el Valor Actual Neto^{4,5}, que es

Inventory analysis

The total life cycle cost of a house comprises the costs of construction, and use stage. The latter will be calculated using Net Present Value approach^{4,5}, which requires that all future costs are discounted to their present-value equivalent, and are calculated according to the equation (1).

$$VAN(i, N) = \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

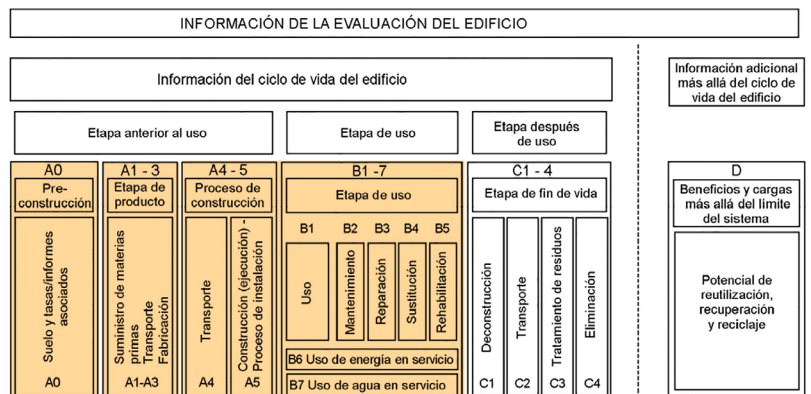
Where: N: lifespan; t: year; C_t: cash flows; r: discount rate.

Investment costs include actual building cost, the fees, the VAT, municipal tax on building, etc. Moreover, subsidies given by the EMVS in the sustainability program 2010-2012, that range from 3.000 to 6.000 €/dwelling, are included as incomes, in order to see the influence of the financial supports. During the use stage, maintenance, renovation and reparation costs are taken into account. Energy savings are considered annual incomes, actualized to each year. 3.5 % discount rate is considered.

From the economic point of view, the best solution is the

Fig. 6. Módulos de información aplicados a la evaluación económica del edificio⁶.

Information modules applied to the economic assessment.



NOTA 1 Para la evaluación económica, la etapa de producto incluye la evaluación de los costes de pre-construcción así como las tasas de proyecto, etc. y el valor del suelo.

el valor presente de la diferencia entre los flujos de caja futuros, tanto positivos como negativos, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$VAN(i, N) = \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Donde: N: vida útil; t: año; C_t: flujos de caja; r: tasa de descuento.

Los costes iniciales abarcan el coste de ejecución material, los honorarios, el IVA, el impuesto del ayuntamiento por obras, etc. Además se incluyen como ingresos las subvenciones que daba la EMVS en el programa 2010-2012, que oscilaban entre 3.000 y 6.000€ por vivienda en función de la mejora obtenida, para ver cómo influyen las ayudas económicas en el balance. Durante la fase de uso, se consideran los costes de mantenimiento reparación y sustitución. El ahorro energético debido a la medida de rehabilitación implantada se introduce como ingreso anual, actualizado a cada año. La tasa de descuento considerada es de 3,5 %.

Desde el punto de vista económico, la mejor solución es aquella que tenga un mayor Valor Actual Neto. Cuando el resultado es negativo, significa que dicha inversión no es rentable. En este caso, se observa que la solución de SATE con 6 cm de espesor, que es la más utilizada en Madrid actualmente, en este caso no se rentabiliza en todo el ciclo de vida. Esto puede ser debido a que el alto coste de inversión inicial y el mantenimiento que requiere una fachada con revoco exterior, frente a una fachada de ladrillo cara vista, sea superior a los ahorros energéticos anuales.

one with higher NPV. If the result is negative, the investment becomes unprofitable. In this case, the 6 cm-thick ETICS solution, which is the most usual in Madrid, is unprofitable. This can be because of the high invest cost and high maintenance cost of a plastered facade compared with a clinker brick facade. The cavity wall insulation is here the most profitable investment. Among ETICS systems, 12cm-thick insulation solution is the most cost-effective. This is affected by the subsidies, which depend on the degree of improvement, and that is higher for 12 and 15 cm-thick solutions than for 6 and 8 cm-thick ones.

ETICS 12 cm-thick insulation and cavity wall insulation are the best options. For the energy savings, they are 42% and 14% respectively. Even if the economic balance is better for the cavity wall insulation, the energy savings are much lower. In this case, ETICS 12 cm-thick would be the optimal solution.

Conclusion

Housing renovation is only analyzed in terms of energy savings and CO₂ emissions reductions. Sometimes, investment cost and payback period are also calculated, while durability maintenance and renovation of materials are rarely taken into account. For this building, adding 6 cm or less of external insulation becomes unprofitable. This solution is the most common solution in Madrid.

In view of the results achieved, housing energy efficient renovation should be assessed from a more holistic approach, considering the entire life cycle of the building. Durability of materials, maintenance, renovation and repair are currently not taken into account and can play a role in the selection of the optimal strategies.

Fig. 5. Demanda anual del edificio en el estado actual y tras aplicar las estrategias de rehabilitación seleccionadas.

Annual energy demand of the existing building and the renovation with selected strategies.

	R. Cámara	SATE 6	SATE 9	SATE 12	SATE 15
Valor Actual Neto	75,28	-8,63	19,48	28,54	21,68

En este caso, el relleno de cámara es el más rentable desde el punto de vista económico. En cuanto a los sistemas SATE, el más rentable es el de 12 cm. En esto influye también que la subvención obtenida depende del grado de mejora y que para la solución de 12 y 15 cm es mayor que para 6 y 9 cm.

Si consideramos los resultados energéticos y económicos, el relleno de cámara y el SATE de 12 cm son las mejores opciones. Entrando más en detalle, el primer caso supone una reducción de la demanda del 14%, frente al 42% que supone el segundo. Por lo tanto, a pesar de que éste tenga un balance económico peor el ahorro energético es mucho mayor. En este caso, la solución óptima sería el SATE de 12 cm.

Conclusiones

Actualmente la rehabilitación se analiza sólo en términos de ahorros energéticos y emisiones de CO₂. En muchos casos se incluye el coste de inversión y el periodo de amortización de manera simplificada, sin considerar los flujos de caja durante la vida del edificio. Para este edificio, la rehabilitación con sistemas de aislamiento por el exterior (SATE) con espesores de aislamiento igual o inferiores a 6 cm no es rentable, por lo que no se amortiza jamás.

Visto los resultados, es necesario evaluar la rehabilitación de viviendas desde una perspectiva más holística,

considerando el ciclo de vida del edificio. Datos como durabilidad de los materiales, mantenimiento, reparación, y reposición actualmente no se tienen en cuenta y pueden repercutir en la elección de las soluciones óptimas.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

1. Cuchí A, Sweatman P. Informe GTR 2012. Una visión-país para el sector de la edificación en España. Plan de acción para un nuevo sector de la vivienda. <http://www.gbce.es/archivos/ckfinderfiles/GTR/INFORME%20GTR%202012.pdf>. (Último acceso 30/05/14).
2. UNE-EN 15643-4:2012 Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico.
3. Ministerio de Economía. Orden ECO/805/2003, de 27 de marzo, sobre normas de valoración de bienes inmuebles y de determinados derechos para ciertas finalidades financieras. BOE núm 85. 2003.
4. Marszal AJ, Heiselberg P. Life cycle cost analysis of a multi-storey residential net zero energy building in Denmark. *Energy*. 2011;36(9):5600-5609.
5. Morrissey J, Horne RE. Life cycle cost implications of energy efficiency measures in new residential buildings. *Energy Build*. 2011;43(4):915-924.

La Certificación en Sostenibilidad LEED de un Centro Logístico textil: Ejemplo de actuación durante la obra para la consecución de créditos

The Certification in Sustainability LEED of a Logistic textile Center: Example of action during the work for the credits attainment

Antonio Álvarez¹, Alba Díaz², Javier Rodríguez³

ABSTRACT

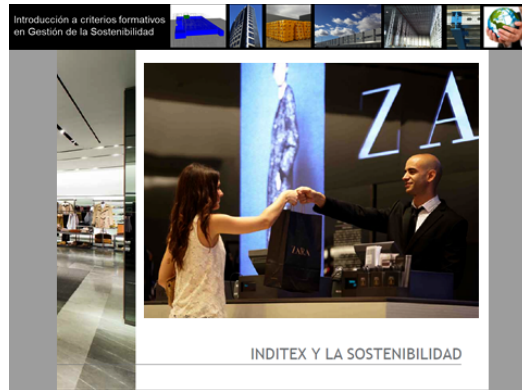
La gran dimensión y la potente dinámica de crecimiento del modelo de negocio de Inditex, ha centrado los esfuerzos de los últimos años en integrar la sostenibilidad en todo su modelo de negocio. Con esta estrategia hemos conseguido conocer, medir y reducir los impactos ambientales vinculados a operaciones de construcción y explotación de tiendas, logística y fabricación en instalaciones propias de Inditex. Todas nuestras nuevas aperturas de tiendas aplican los criterios de tienda ecoeficiente, nuestras operaciones logísticas son controladas en función de sus emisiones de gases de efecto invernadero y tenemos capacidad de medir y controlar la huella de carbono de nuestras operaciones, entre otros aspectos. En todas estas líneas llevamos más de 10 años trabajando y todavía nos quedan muchas acciones por implementar, pero los criterios definidos y las experiencias obtenidas, nos permiten asegurar que existe una senda de trabajo asentada y en continuo proceso de mejora, que nos está llevando a reducir nuestra huella ambiental global en términos de eficiencia en función de las prendas puestas en el mercado. Para abordar esta cuestión hemos definido un Plan de Acción, INDITEX SOSTENIBLE 2011-2015, que busca integrar los cuatro grandes ejes que configuran la sostenibilidad en toda nuestra cadena de valor. En este contexto, el método de certificación LEED (Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible) es un sistema voluntario e internacionalmente reconocido que verifica, respalda y valida, mediante la revisión por parte de una entidad independiente, que una actuación ha conllevado determinadas estrategias de diseño y construcción encaminadas a la sostenibilidad. Así, la consecución de esta certificación implica el cumplimiento de unos prerrequisitos obligatorios y la búsqueda del cumplimiento de un determinado número de créditos voluntarios. Algunos de tales créditos se consiguen en función de las propiedades que posea el proyecto constructivo y otros se adquieren desarrollando y documentando un comportamiento adecuado durante el proceso de obra. La presente comunicación aborda el esfuerzo realizado por Goainvest (INDITEX) durante la obra de ejecución del CENTRO LOGÍSTICO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES en el Polígono Industrial de Cabanillas del Campo (Guadalajara) para la consecución de créditos encaminados a la Certificación LEED new construction v3.0 y pretende reflejar los beneficios obtenidos mediante este comportamiento, en el cual cada crédito representa una recomendación o estrategia a favor de la sostenibilidad.

Palabras clave: Centro Logístico, certificación en sostenibilidad LEED, modelo de negocio, Plan de Acción.

Key words: Logistic Center, certification in sustainability LEED, Model of business, Action plan

(1) 1INDITEX, Head of Environmental Sustainability, A Coruña (2) Goainvest, INDITEX, Quality Control, A Coruña (3) Adviser in acoustics, environment and sustainability, Vigo.E: fjavierrodriguez@gocsa.es

El método LEED de certificación de sostenibilidad



El método de certificación LEED agrupa sus prerequisites obligatorios y sus créditos en seis categorías, cada una de ellas con una valoración asociada en puntos: Parcela sostenible (26 puntos), Eficiencia en agua (10 puntos), Energía y atmósfera (35 puntos), Materiales y recursos (14 puntos), Calidad ambiental interior (15 puntos) e Innovación en el diseño (6 puntos). En función del número de puntos obtenidos existen 4 niveles de certificación LEED: Certificado LEED (desde 40 a 49 puntos), LEED plata (desde 50 a 59 puntos), LEED oro (desde 60 a 79 puntos) y LEED platino (desde 80 a 110 puntos). El Primer sistema Piloto de LEED, fue LEED v. 1.0, lanzado por los miembros del USGBC en Agosto de 1998. Después de unas modificaciones apareció la versión 2.0 en Marzo del 2000, llegando a la versión 2.2 en 2005. A continuación surgió la versión de LEED V3. Actualmente, se está revisando y actualizando una nueva versión LEED V4. Cuando se pretende evaluar un proyecto constructivo se desarrolla un checklist, analizando cada uno de los créditos en base a la documentación y estimaciones de su viabilidad (además de los pre-requisitos obligatorios, los créditos de califican desde "seguro" a "descartado"). En relación con los beneficios y costes económicos derivados de la implantación de la certificación LEED, las conclusiones de varios ejemplos analizados por el US Green Building Council indican lo siguiente.

Tabla con los resultados por m² para los edificios suponiendo una tasa de descuento del 7%, un 2% de

LEED certification for sustainability

LEED certification method brings together its mandatory prerequisites and credits in six categories, each with associated valuation points: Sustainable Sites (26 points), Water Efficiency (10 points), Energy and Atmosphere (35 points), Materials and Resources (14 points), Indoor Environmental Quality (15 points) and Innovation and Design Process (6 points). There are 4 levels of LEED certification depending on the number of points obtained: Certified (40- 49 points), Silver (50-59 points), Gold (60-79 points) and Platinum (80 -110 points). LEED v1.0 was LEED Pilot Program, released by USGBC members in August 1998. After some modifications, a new version 2.0 was released in March 2000, reaching version 2.2 in 2005. LEED V3 version arose. Currently, a new version LEED V4 is being reviewed and updated. When trying to evaluate a building project a checklist is developed, analysing each of the credits based on the documentation and estimates of feasibility (in addition to the mandatory prerequisites, credits qualify from "safe" to "discarded"). In relation to the economic benefits and costs arising from the implementation of the LEED certification, the findings of several samples analysed by the US Green Building Council indicate that:

Scope of action: Description of the construction project

The implementation of the LOGISTICS CENTRE FOR THE STORAGE AND DISTRIBUTION OF TEXTILE PRODUCTS in plot IG1-07 of the Industrial Estate of Cabanillas del Campo (Guadalajara) (projected according to the needs to maintain Inditex potential growth) was planned in two phases: logistics warehouse construction work, parcel silo, office building and changing rooms for staff, canteen and facilities buildings were developed during the first phase, while in the second phase a new logistics warehouse, three parcel silos and one of hanging garment silos and the corresponding office building and technical premises are constructed. (The project was designed by architect Julián Domínguez Valdés). The plot extends over 291,330.38 m², where the following buildings (Phase 1) pursuing LEED certification are located: office building of 1,632.08 m²; canteen building, 1,167.06 m² and logistics warehouse 70,254.84 m², which will be mainly used for the assembly of products before they are stored in the silo.

LEED Certification Levels	Cost Increases de costes by sustainability (%)
Certified	0.7
Silver	1.9
Gold	2.2
Platinum	6.8
Average	2.0
Equivalence of the average (Euro/m ²)	25 – 41 Euro/m ²

Category	Net Present Value Actual (NPV) in 20 years
Energy Savings	51.94 €
Emissions savings	10.58 €
Water savings	4.57 €
Savings in construction waste (1 year)	0.27 €
Savings at the reception, operation and maintenance	75.98 €
Increases in health and productivity (LEED Certified and Silver)	330.90 €
Increases in health and productivity (LEED Gold and Platinum)	496.91 €
Average cost of sustainable actions	-35.88 €
Total NPV 20 years (LEED Certified and Silver)	438.36 €
Total NPV 20 years (LEED Gold and Platinum)	603.77 €

Tabla 1. Tabla de incremento de costes según certificado

Table of increased costs according to certification

Tabla 2. Tabla resumen de costes y ahorro por m²

Cost and savings summary table of per m²

inflación y una vida útil de 20 años:

Ámbito de actuación: Descripción del proyecto constructivo

La ejecución del CENTRO LOGÍSTICO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES en la parcela IG1-07 del Polígono Industrial de Cabanillas del Campo (proyectado en función de las necesidades de mantener el potencial de crecimiento de INDITEX) se planificó en dos fases: en la primera fase se desarrollaron los trabajos de construcción de Nave logística, Silo de paquetería, Edificio de oficinas y vestuarios de personal, Comedor y Edificios de instalaciones; mientras que en la segunda fase se construye una nueva Nave logística, tres Silos de paquetería y uno de prenda colgada y su correspondiente Edificio de oficinas y Locales técnicos. (El proyecto ha sido redactado por el arquitecto D. Julián Valdés Domínguez). La parcela posee 291.330,38 m2, en la que se emplazan los siguientes edificios (fase 1) que persiguen la certificación LEED: Edificio de oficinas, de 1.632,08 m2; Edificio comedor, de 1.167,06 m2 y Nave logística, de 70.254,84 m2 construidos, que tendrá como uso principal el ensamblaje de los productos antes de almacenarlos en el silo.

Actuaciones durante la ejecución para la consecución de créditos LEED

La consecución del nivel de certificación perseguido depende de la correcta justificación y cumplimiento de todos los prerrequisitos y créditos, y a su vez, de las estrategias que la propiedad decida implantar, de la documentación presentada y la correcta ejecución durante el proceso de obra. Todo ello ha obligado a Goinvest a un esfuerzo de actuación elevado e imprescindible durante el proceso de ejecución de la obra para la consecución de créditos LEED, pues recae en la propiedad, dirección de obra y constructora la responsabilidad de la veracidad de los datos generados necesarios, lo cual obliga a una revisión permanente de las actuaciones de los demás agentes implicados. Principales factores gestionados:

- Dentro del área temática "Materiales y recursos", el crédito "Gestión de Residuos de Construcción", MR CR2, ha implicado la redacción y posterior desarrollo de un Plan de Gestión para abordar la cuantificación y trazabilidad de los residuos inertes gestionados y obtener el porcentaje total de éstos que acaban siendo valorizados. Según los requisitos y directrices LEED, el objetivo es que al menos el 75% de los Residuos de la Construcción (RCD's) no peligrosos que se generen durante todo el proceso constructivo se destinen a reciclaje, reutilización u otras formas de valoración (y por tanto que se desvíen de vertedero e incineradora). (Este criterio exigente no se encuentra establecido en el alcance normativo relativo a la gestión de residuos, Real Decreto 105/2008, que si obliga a la separación selectiva



Fig 1. Imagen de la Nave logística
Image of logistics warehouse

Actions during the execution for obtaining LEED credits

Achieving the level of certification sought depends on proper justification and fulfillment of all prerequisites and credits and, in turn, of the strategies decided to be implemented by ownership, of the documentation and of proper execution during work. In order to achieve LEED credits, Goinvest has been forced to a high-end, essential performance during work execution. This is because the responsibility for guaranteeing the accuracy of the necessary generated data is vested in the property owner, the construction management and building contractors, and therefore an ongoing review of the actions of the other agents involved is required. Major managed factors are:

- "Construction Waste Management" credit, MR CR2, under the thematic area "Materials and Resources", has involved the drafting and subsequent development of a Management Plan to address the quantification and traceability of managed inert waste and obtain the total percentage of the waste that ends up being recycled. According to the LEED requirements and guidelines, the goal is that at least 75% of non-hazardous construction and demolition waste (CDW) generated during the construction process is intended for recycling, reuse or other forms of assessment (and thus deviating from landfill and incinerator). (This demanding criterion is not established in the waste management regulation, Royal Decree 105/2008, which requires the selective sorting of certain types of waste during the course of construction).

The team implementing the Plan reviewed and reported monthly compliance with the objectives by means of the table called "Register of waste cumulative control." ii)



G.O.C.		Goinvest		
OBRA / PROCEDENCIA: Nave, Silo y Edif. Aux en P.I. Cabanillas del Campo, Guadalajara				
Periodo recepción de residuos: Sep a Dic. 2013				
CUADRO A ORIGEN RESUMEN % RECUPERACION RESIDUOS				
RESIDUO	LER	kg ENTRANTES	kg TOTAL RECUPERADO	% RECUPERADO
Mezcla Horm y Ceramicos	170107	1,30	1,18	90,6%
Metales mezclados	170407	9,22	9,22	100,0%
Madera	170201	51,91	51,91	100,0%
Madera	170201	134,80	134,80	100,0%
Plásticos	170203	8,49	8,49	100,0%
Plásticos	170203	26,52	26,52	100,0%
Papely cartón	150101	0,65	0,65	100,0%
Papely cartón	150101	27,59	27,59	100,0%
Hormigón	170101	61,02	60,41	99,0%
Hormigón	170101	90,86	89,04	98,0%
TOTALES		412,36	409,81	99,38%

Fig 2. Separación selectiva de los residuos de madera
Selective separation of wood waste

Fig 3. Registro a origen de los residuos
Waste register at origin

Fig. 4. Imagen de acopio de materiales para su posterior ejecución en obra

Image of material storage for later execution on site

de determinadas tipologías durante la obra).

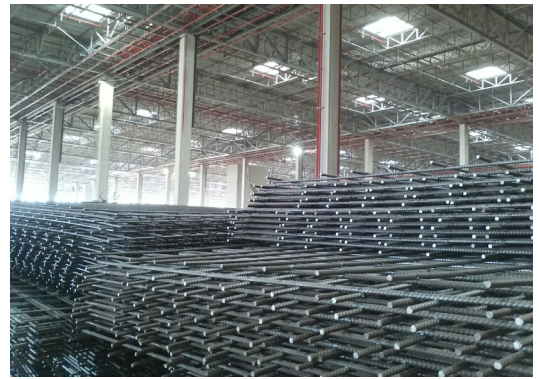
El equipo de implantación del Plan cumplimentó mensualmente y revisó el cumplimiento de los objetivos mediante la tabla denominada "Registro de control acumulativo de los residuos".

- Gestión de materiales de empleados en la ejecución de la obra. El cumplimiento de los créditos de materiales, créditos MR CR4, MR CR5 y MR CR6, ha implicado la necesidad de emplear Materiales con Contenido en reciclado (aceros corrugados de cimentación y solera nave, hormigones solera nave, estructura de hormigón prefabricado - pilares, paneles y escaleras-, paneles sándwich fachada nave), Materiales Regionales y Materiales rápidamente renovables, respectivamente; por lo que se documentaron cantidades y justificó la procedencia. Para estos créditos, la documentación que se ha gestionado durante la obra ha sido relativa a certificados de materiales en base a declaraciones de proveedores. El cumplimiento del crédito MR C3, reutilización de materiales, ha obligado, por ejemplo, al conocimiento de procedencia de gravas empleadas en la obra y para el crédito MR C7, madera certificada, se han revisado los certificados FSC de contratistas.

La justificación del cumplimiento de los créditos IEQc4 (1,2 y 3) Materiales con bajo contenido en Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs) ha implicado el aporte de la documentación necesaria, en forma de tablas actualizadas de productos empleados, para lo que previamente se han evaluado las características técnicas y fichas reflejadas por los diferentes adjudicatarios de materiales de la obra y su cumplimiento: pinturas estructura metálica nave, adhesivos y sellantes para nave (adhesivos climatización, adhesivos para PVC fontanería, adhesivos para hierro, adhesivos PCI, esmaltes, sellantes del interior, resinas epoxi de los pavimentos...).

- Se ha realizado el seguimiento del cumplimiento del Plan de control de erosión y sedimentación (PCES).

El Prerrequisito 1 de la categoría Parcela Sostenible (Prerrequisito SS1) obliga a la redacción (y aplicación durante la obra) de un PCES para la Certificación LEED NC v3.0. de los proyectos. El contratista principal adquiere el compromiso de implantarlo en obra y de realizar su seguimiento, generando el adecuado registro documental. El objeto de la aplicación de las medidas preventivas que se proponen durante la fase de obras es evitar el desplazamiento de sedimentos (control de la erosión) y retener cualquier sedimento trasladado mediante el



Management of materials used in the execution of the work. Compliance with materials credits MR CR4, MR CR5 and MR CR6 has involved the need to use materials with recycled content (corrugated steel of foundation and deck, precast concrete structure -pillars, panels and stairs- sandwich panels of industrial building façade), regional materials and rapidly-renewable materials, respectively; so quantities were documented and origin was justified. For these credits, the documentation managed during the works has been on certificates for materials based on suppliers' declarations. Compliance with credit MR C3, Materials Reuse, has forced, e.g., the knowledge of the origin of gravels used in the work and for credit MR C7, Certified Wood, contractors' FSC certifications have been reviewed. The justification of compliance with credits IEQc4 (1, 2 and 3), low-VOC (volatile organic compounds) materials, has involved the provision of the necessary documentation, in the form of updated tables of products used. In order to do this, technical characteristics and reflected fact sheets have been previously evaluated by different contractors for the work as well as materials compliance: paints for industrial building metallic structure, adhesive and sealants for industrial building (HVAC system adhesives, PVC plumbing pipes adhesives, iron adhesives, PCI adhesives, glazes, epoxy resin of floor surfaces...).

- The implementation of an erosion and sediment control plan (ESCP) has been monitored.

Prerequisite 1 of sustainable sites category (Prerequisite SS1) requires writing (and implementation during construction) of an ESCP for LEED certification for NC v3.0 projects. The main contractor makes a commitment to implement it in building work and follow it up, generating adequate documentary records. The purpose of the

REGISTRO DE INSPECCIÓN				
Centro Logístico de Inárriz				
Inspección No. 33/FINAL FASE 1/ Lugar Inspección general parcela				
Fecha de la Inspección 14/04/14 a 22/04/14				
Nombre del Inspector José Luis Poyo Grande de Cecilia				
Puesto del Inspector Responsable plan control erosión y sedimentación				
Tipo de Inspección: <input type="checkbox"/> Pre-tormenta <input type="checkbox"/> Durante la tormenta <input type="checkbox"/> Post-tormenta				
Información Climatológica				
¿Ha tenido lugar alguna tormenta desde la última inspección? <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				
Si la respuesta es si, proporcionar: Comienzo de la Tormenta (hora): Duración de la Tormenta (hrs): Cantidad Aproximada de Precipitación (mm):				
Situación climatológica durante la inspección <input type="checkbox"/> Despejado <input type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Llovizna <input type="checkbox"/> Aguanieve <input type="checkbox"/> Niebla <input type="checkbox"/> Nevando <input type="checkbox"/> Vientos Fuertes <input type="checkbox"/> Temperatura: 16° <input type="checkbox"/> Otro:				
Medidas Preventivas del Sitio				
BMP	¿BMP instalada?	Mantenimiento correcto	Acción correctiva necesaria	
1	Validado perimetral de la parcela	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	NA
2	Retención de sedimentos en zonas existentes mejoradas	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	NA
3	Protección acortada con geotextiles	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
4	Estabilización de las zonas de obra	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
5	Control del flujo de agua de la parcela	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
6	Área de gestión de residuos	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	(1)
7	Zona de limpieza y mantenimiento de vehículos	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
8	Barras de decantación en plantas de hormigón	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	

- Anexo:**
- Anexo 1: documentación fotográfica
- Se prevé habilitar una nueva zona de limpieza y mantenimiento de vehículos en el área de acopios de fase 2.
 - Se ejecuta el asfaltado de la zona de la parcela correspondiente a fase 1. Se dan por finalizadas las inspecciones que afectan a dicha fase. Se constata que en general se han llevado a cabo las medidas previstas en el Plan y su mantenimiento ha sido adecuado.

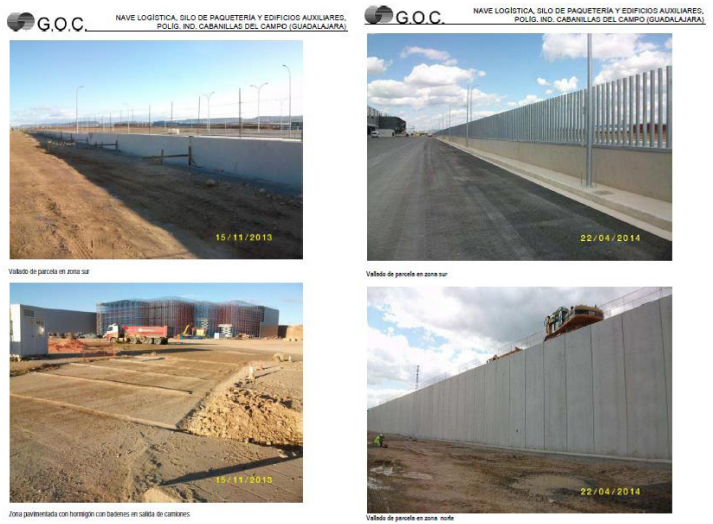


Fig. 5. Imágenes de informes de seguimiento del PCES

Pictures of ESCP monitoring reports



movimiento de aguas pluviales antes de ser desalojado de su emplazamiento de origen (control de sedimentación).

Las tareas y responsabilidades para el seguimiento del Plan durante la obra han incluido:

- Inspecciones regulares "in situ", supervisando y asegurando el cumplimiento del Plan.
- Generación y recopilación de la documentación que acredita el cumplimiento del PCES.
- Formación adecuada para que el personal de obra comprendiese la intención de las acciones.

- Se ha desarrollado el seguimiento del cumplimiento del Plan de calidad ambiental interior (PCAI). La consecución del crédito IEQ c 3 "Plan de Gestión de Calidad Ambiental Interior durante la Construcción" ha obligado a controlar y documentar la aplicación de una serie de medidas y acciones específicas de control de la calidad ambiental interior descritas en el PCAI, cuyos objetivos son:

- Minimizar la exposición de trabajadores, operarios y ocupantes a los contaminantes generados durante y después de los trabajos de construcción.
- Prevenir la acumulación de contaminantes en las instalaciones del edificio y materiales de construcción.
- Evitar la migración de contaminantes producidos en obra a los espacios ocupados del edificio.

Estas medidas se aplicaron para las actividades de construcción susceptibles de generar contaminación física, química o biológica del aire:

- Instalación y ejecución de tabiquería
- Instalación de carpinterías
- Instalación de mobiliario
- Instalación de falsos techos
- Colocación de solados, alicatados, y revestimientos
- Aplicación de pinturas
- Instalación de sistemas de climatización
- Tendido de instalaciones eléctricas y telecomunicaciones...

- Se realizaron las Operaciones relativas al Commissioning (Puesta en Marcha, Prerrequisito EA1, Energía y Atmósfera), que tienen como objetivo principal maximizar el rendimiento de las instalaciones y asegurar que se

application of preventive measures proposed during the construction phase is to prevent sediment movement (erosion control) and retain any sediment shifted by the movement of stormwater before being displaced from their site of origin (sediment control). The tasks and responsibilities for monitoring the plan during the work have included:

- Regular inspections "in situ", monitoring and ensuring compliance with the Plan.
- Generation and collection of documentation certifying compliance with ESCP.
- Appropriate training for construction workers to understand the intention of the action.

- Monitoring of IAQ Management Plan compliance has been developed. Achieving Credit IEQ c 3, IAQ Management Plan during Construction, has forced to monitor and document the implementation of a series of specific measures and actions to control indoor environmental quality as described in IAQ Management Plan whose objectives are:

- Minimize the exposure of workers, operators and occupants to pollutants generated during and after the construction work.
- Prevent the accumulation of pollutants in building facilities and construction materials.

ESTADO DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN (TIPO DE MEDIDA)	UBICACION	MANTENIMIENTO CORRECTO (SI / NO)	ACCION CORRECTIVA
PROTECCION SISTEMAS DE VENTILACION / CLIMATIZACION			
Protección de equipos	Nave 1	SI	
Tapado de conductos	Nave 1	SI	
Almacenamiento adecuado de rejillas y conductos	Nave 1	NA	
Limpieza de conductos	Nave 1	NA	
CONTROL DE FUENTES CONTAMINANTES			
Selección de productos con bajo COV	Nave 1	SI	
Ventilación natural	Nave 1	SI	
ALUMBRADO Y LIMPIEZA			
Limpieza, eliminación de escombros	Nave 1	SI	
Eliminación de polvo con aportación de agua o bandeja	Nave 1	NA	
Acopio separativo de materiales que contienen COV	Nave 1	NA	
Recipientes de pinturas sellados hasta su aplicación	Nave 1	NA	
Almacenamiento de materiales porosos protegidos de humedad y polvo	Nave 1	NA	
Acopio ordenado de material al terminar la jornada	Nave 1	SI	

- Prevent the migration of pollutants produced on the site to areas occupied in the building.

These measures were implemented for construction activities likely to generate physical, chemical or biological contamination of air:

- Installing and carrying out of partition walls

ANEXO: DOCUMENTACION FOTOGRAFICA

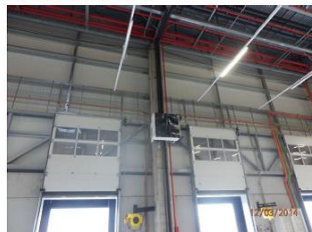


1. Acopio de aerolermos para climatización de nave, en su embalaje original hasta su instalación



2. Limpieza, eliminación de escombros

ANEXO: DOCUMENTACION FOTOGRAFICA



1. Tapado de aerolermos para su protección frente al polvo en zona de nuelle norte



2. Tapado de aerolermos para su protección frente al polvo en zona central de nave

ANEXO: DOCUMENTACION FOTOGRAFICA



1. Aerolermos protegidos frente al polvo mediante la colocación de plástico en nuelles de zona norte



2. Aerolermos protegidos frente al polvo mediante la colocación de plástico en nuelles de zona norte

Fig. 6. Imágenes de los informes de seguimiento del PCAI

Images of IAQ Management Plan follow-up reports

consiguen los parámetros de diseño y que se cumplen las condiciones exigidas para su utilización efectiva y eficiente a largo plazo. Para ello, durante la ejecución de obra, entre otras acciones:

- Se verificó que los elementos de las diferentes instalaciones se estaban ejecutando de forma correcta para poder efectuar una adecuada puesta en marcha. Las desviaciones fueron comunicadas y registradas para su posterior seguimiento hasta su resolución. (Para ello se definieron las tolerancias de los equipos aprobados).
 - Se prestó especial atención a la ejecución de los equipos proyectados para una correcta realización de las pruebas de funcionamiento y posterior explotación y mantenimiento, como pueden ser: climatizadores, aerotermos, bombas, calderas, compuertas cortafuegos, enfriadoras y bombas de calor, depósitos de inercia, equipos CPD, fan coils, vasos de expansión...
 - Se desarrollaron hojas de control de instalaciones con indicación del código de cada equipo y gestión de información enviada por los instaladores (en relación con las fichas de las características técnicas de los equipos).
 - Se actualizó el documento "Plan de control de pruebas finales de funcionamiento para instalaciones supervisadas por commissioning".
- Se ha abordado la Gestión de los residuos peligrosos. Cumplimiento de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Según el Plan de Gestión Ambiental se instalaron contenedores para los siguientes residuos peligrosos: Envases (Plásticos y Metálicos) contaminados (Código LER 15 01 10); Aerosoles (Código LER 15 01 11); Sepiolita, absorbentes, trapos contaminados y residuo sólido contaminado (Código LER 15 02 02); Aceites usados (no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes) (Código LER 13 02 05); Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas (Código LER 08 01 11) y Tierras contaminadas (Código LER 17 05 03). Comprobándose durante la obra su correcto etiquetado, contenido y estanqueidad.

Conclusiones

INDITEX ha centrado los esfuerzos de los últimos años en integrar la sostenibilidad en todo su modelo de negocio y en la también búsqueda de la integración de los cuatro grandes ejes que configuran la sostenibilidad en toda la cadena de valor, definiéndose el Plan de Acción INDITEX SOSTENIBLE 2011-2015. Con la presente comunicación se pretende, de manera sucinta y mediante un ejemplo, focalizar la atención en las actuaciones que durante el proceso constructivo han de desarrollarse para, en continuo proceso de mejora, asentar una senda de trabajo en la dirección indicada y reflejar como los criterios LEED constituyen herramientas adecuadas para ello, pues representan una recomendación o estrategia a favor de la sostenibilidad. Desde un punto de vista particular en relación a la obra de ejecución del CENTRO LOGÍSTICO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS TEXTILES de Cabanillas del Campo, el comportamiento desarrollado ha permitido, entre otros aspectos, reducir los impactos ambientales durante la construcción y permitirá disminuir de los gastos energéticos y de operación y aumentar el estándar de confort ambiental interno. Resultan destacables los datos de las cantidades y porcentajes de los residuos inertes

- Installation of carpentry
 - Installation of furnishing
 - Installation of suspended ceilings
 - Placement of floorings, tilings, and linings
 - Application of paints
 - Installation of HVAC systems
 - Electrical and telecommunications installations
- Commissioning-process activities (start-up, prerequisite EA1, Energy and Atmosphere) were conducted. They are aimed at maximizing the performance of facilities and ensuring that design parameters are achieved and that conditions are met to effective and efficient long-term use. Accordingly, during the execution of work, among other actions:
- It was verified that the elements of the various facilities were being implemented correctly to allow proper implementation. The deviations were reported and recorded for subsequent monitoring until completion. (For this, tolerances of approved equipment were defined).
 - Special attention was paid to the implementation of equipment designed for successful completion of operational testing and subsequent operation and maintenance, such as: climate control systems, (heater units, pumps, boilers, fire dampers, chillers and heat pumps, buffer tanks, DPC equipment, fan coils, expansion vessels...
 - Facilities control sheets were developed indicating each team's code and management of information sent by installers (in relation to records of the equipment technical characteristics).
 - The "final testing control plan for performance of facilities supervised by commissioning" report was updated.
- Management of hazardous waste has been addressed. Compliance with Law 22/2011, of 28 July, on waste and contaminated soil. According to the Environmental Management Plan, containers for the following hazardous waste were installed: contaminated packaging (plastic and metal) (European Waste List code 15 01 10); Aerosols (EWL code 15 01 11); Sepiolite, absorbents, contaminated rags and contaminated solid waste (EWC code 15 02 02); Waste oils (non-chlorinated engine, gear and lubricating oils) (EWL code 13 02 05); waste paint and varnish containing organic solvents or other dangerous substances (EWL code 08 01 11) and contaminated soil (EWL code 17 05 03). Proper labeling, content and sealing during construction were verified during the works.

Conclusions

Inditex has focused efforts in recent years on the integration of sustainability throughout its business model and also on the search for the integration of the four main areas that shape sustainability throughout the value chain, defining Action Plan, SUSTAINABLE Inditex 2011-2015. This communication, succinctly and by way of an example, aims to focus attention on the actions that must be developed during the construction process, within a continuous improvement process, to lay a work path in the indicated direction and to reflect how LEED criteria are appropriate tools to do so, since they represent a recommendation or strategy for sustainability. From a particular point of view in

recuperados (desde origen de la obra hasta enero de 2014): 222,84 tn de madera; 40,56 tn de plástico; 32,99 tn de papel y cartón; 157,04 tn de hormigón y 9,22 tn de metales; obteniéndose unos valores totales de 461,35 tn recuperadas de RCD's, lo que representa una valorización del 99,4% de los generados, cumpliéndose el requisito MR CR2 de LEED v.3 NC.

relation to the building of the LOGISTICS CENTRE FOR THE STORAGE AND DISTRIBUTION OF TEXTILE PRODUCTS of Cabanillas del Campo, the behaviour developed has helped, among other things, minimize environmental impacts during construction and shall contribute to the reduction of energy and operating costs and to increase the indoor environmental quality standard. Notable data are those related to the quantities and percentages of recovered inert waste (from the beginning of the work until January 2014): 222.84 tons of wood; 40.56 tons of plastics; 32.99 tons of paper and cardboard; 157.04 tn of concrete and 9.22 tn of metal; yielding a total value of 461.35 tn of recovered CDW, representing a recovery of 99.4% of generated, meeting the requirement MR CR2 of LEED v.3 NC.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

LEED NC v.3 Reference Guide, June 2009. US Green Building Council

LEED NC Templates V.3, June 2009, US Green Building Council

Requerimientos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (EPA)

Nota: Se puede encontrar un listado de las BMP's (mejores prácticas de gestión) principales según la EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente en EE.UU) en: www.epa.gov/npdes/menuofbmps y según el Ministerio de Medio ambiente:

http://www.mma.es/secciones/raa/sensibilizacion_raa/manuales_bp_raa/pdf/edificacion.pdf.

Capítulo 3 de la norma Sheet Metal and Air Conditioning National Contractors Association IAQ Guidelines for Occupied Buildings Under Construction, 2nd edition 2007, ANSI/SMACNA 008-2008.

American National Standards Institute (ANSI)/ASHRAE 52.2-1999, Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size.

Beneficios y riesgos de la rehabilitación energética en el patrimonio edificado: 5 grados de intervención

Benefits and risks of energy rehabilitation in built heritage: 5 intervention degrees

Enejo J. Uranga, Lauren Etxepare, Iñigo Lizundia, Maialen Segarna¹

RESUMEN

Dos realidades van a marcar la rehabilitación energética en el patrimonio edificado en los próximos años: la necesidad, por un lado, de intervenir energéticamente en los edificios existentes para poder lograr los objetivos establecidos por la Unión Europea, y la preservación, por otro, del patrimonio edificado, puesto que es cada vez mayor, más allá del valor histórico-artístico de los edificios que lo conforman, la parte del parque edificado que se tiende a valorar. Si se interviene de cualquier manera para lograr unos objetivos únicamente energéticos, podemos estar desfigurando nuestras ciudades, pero si gran parte del parque edificado queda protegido de manera que dificulte la rehabilitación energética en los mismos, no será posible el logro de los objetivos marcados. Es objeto de este trabajo aunar estos dos planteamientos establecidos como uno de los retos más interesantes que se nos presentan en el sector de la construcción en los próximos años. Al igual que existen grados de protección de los edificios, se plantea que la intervención energética se realice igualmente en grados. Para ello se presentan 5 grados o niveles de intervención. Cada uno de ellos respondiendo a una realidad del edificio original y dando un resultado energético según las características de cada uno de ellos. Mediante este estudio se pretende seguir profundizando en cual puede ser el método de intervención energética y lograr así un equilibrio entre la necesidad de ahorro energético y su afección en el parque edificado. De la rehabilitación energética que se realice en los próximos años en nuestro patrimonio edificado surgirá la nueva ciudad resultante.

Palabras clave: Rehabilitación, Energía, Patrimonio, Edificación, Intervención.

Key words: Rehabilitation, Energy, Heritage, Building, Intervention.

(1) Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Departamento de Arquitectura. E: enekojokin.uranga@ehu.es

Introducción

Con la aprobación de las Directivas 2010/31/UE [1] relativa a la eficiencia energética de los edificios y la 2012/27/UE [2] relativa a la eficiencia energética en general, se han establecido nuevos objetivos más ambiciosos para lograr, antes del año 2020, la aplicación de una normativa más exigente en cada uno de los Estados miembros de la UE. En el caso de España estos objetivos se traducen en la modificación de la norma relativa a la certificación de la eficiencia energética de los edificios [3] y los nuevos requerimientos exigidos por la modificación del documento del Código Técnico de la Edificación DB-HE [4]. Esta nueva normativa aprobada establece, en cuanto a los edificios existentes, que deberán cumplir los objetivos generales siempre que se intervenga en ellos. En este sentido puede surgir la duda de cuáles son los casos en los que se debe aplicar la normativa. Si nos atenemos al "ámbito de aplicación" establecido en la sección 1 – Limitación de la demanda energética- del nuevo DB HE dice que "se consideran intervenciones en edificios existentes las de: ampliación, reforma, y cambio de uso". Describiendo las reformas de la siguiente manera: "cualquier trabajo u obra en un edificio existente distinto del que se lleva a cabo para el exclusivo mantenimiento del edificio". Con lo cual, nos lleva a concluir que cualquier actuación, aparte de los propios de mantenimiento, será motivo de aplicación de la rehabilitación energética, con los parámetros exigidos por la norma. Esto hace que del total del parque edificado existente, en los próximos años serán intervenidas energéticamente la mayor parte de las edificaciones.

Sin embargo, esta misma norma, hace una excepción importante, y es que se excluyen de la aplicación "los edificios históricos protegidos cuando así lo determine el órgano competente que debe dictaminar en materia de protección histórico artística". Teniendo en cuenta que ya que es una realidad que cada vez son más los inmuebles que tienen, además de valores histórico-artísticos, otro tipo de valores que hacen de ellos elementos a conservar y a proteger aunque sea parcialmente, esto nos puede llevar a que las distintas administraciones competentes en temas de protección del patrimonio edificado dejen fuera del ámbito de aplicación de la normativa energética a un gran número de edificios.

La protección de los edificios no es una cuestión de blanco o negro –protegido/no protegido- si no que se pueden, y se deben, establecer grados de protección. Del mismo modo que se protegen partes o la totalidad de las construcciones, a la hora de acometer una intervención, y por lo tanto una rehabilitación energética, también se podrían establecer niveles o grados de rehabilitación.

La rehabilitación energética y el patrimonio edificado

El actual parque edificado del Estado Español lo componen más de 9.814.785 de edificios [5]. De estos, más del 99% pertenecen al uso residencial (25 millones de viviendas). Otro dato significativo es que de todos estos inmuebles, más del 56%, se construyeron antes de la entrada en vigor de la primera normativa estatal en la que se obligaba a la limitación de unos máximos de la demanda energética de la envolvente [6]. Por lo tanto, la gran mayoría de estos inmuebles, más del 92%, se comportan cuando menos de una manera energética muy pobre. Son los edificios de uso residencial - más de 9.730.999- los que componen la mayor parte de este grupo. De esta manera si se actúa sobre todo en estos edificios se podrán lograr gran parte de

Introduction

After Directive 2010/31/EU [1] on energy efficiency in buildings and Directive 2012/27/EU [2] on energy efficiency were passed, more ambitious objectives have been established so that, before 2020, a more demanding regulation is applied in each Member State. In the case of Spain, these objectives have resulted in the modification of the law on certification of energy efficiency in buildings [3] and the new requirements demanded of the "Código Técnico de la Edificación DB-HE" document [4]. This new regulation establishes that every existing building should satisfy the main objectives whenever an intervention is carried out. In this regard, the question of which cases the regulation must be applied to may arise. If we stick to the "scope of application" established in section 1 – Limitation of the energy demand – of the new DB HE, it says that, "building expansions, reforms, and changes of use are considered as interventions in existing buildings". It describes reforms as follows: "any project or work carried out in an existing building that is not just for the exclusive maintenance of the building". What it means is that any intervention in an existing building, except for maintenance ones, will be considered for the application of energy rehabilitation, with all the parameters required by the regulation. This means that practically all the existing building stock will be energetically intervened in the coming years.

However, this same regulation makes an important exception. It says that "protected historical buildings, when the competent authority establishes that this kind of building has historical and artistic value" will be excluded from the application. Considering that, it is a reality that more and more buildings have, apart from historical and artistic values, another kind of value that makes them important elements to be preserved and protected, even if this is partially. This may mean that the different government authorities with competence in the protection of built heritage may leave a large number of buildings outside the scope of application of the energy regulation, just to protect them.

The protection of buildings is not a matter of black or white, - protected / not protected -. It can be, and it should be, a matter of setting protection degrees. As buildings are partially or totally protected when an intervention is undertaken, and therefore when energy rehabilitation is carried out, rehabilitation levels or degrees should also be set.

Energy rehabilitation and built heritage

The current Spanish building stock is comprised of over 9,814,785 buildings [5]. More than 99% of these correspond to residential use (25 million dwellings). Another significant fact is that out of all these buildings, over 56% were built before the entry into force of the first state regulation, when the limitation of a maximum energy demand was required [6]. Therefore, the vast majority of existing buildings, over 92%, have very poor energy performance. Residential use buildings make up the largest part of this group – more than 9,730,999 -. So, if this kind of building is intervened, the majority of the energy objectives could be achieved.

For this reason, the recently approved state legislation focuses on activating and enhancing the energy rehabilitation of existing buildings. Regulations like the recently passed Law 8/2013 on Urban Rehabilitation, Regeneration and Renovation [7], not only foresaw a need to reduce energy consumption and therefore the rehabilitation

los objetivos energéticos.

Por esta razón, la legislación estatal recientemente aprobada se centra en activar y potenciar la rehabilitación energética en los edificios existentes. Normas como la recientemente aprobada Ley 8/1013 sobre Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbana [7] no sólo prevén una necesidad de reducción de consumo energético y por lo tanto de la rehabilitación del parque edificado, si no que lo ven como una posibilidad de recuperación económica del sector de la construcción tan deteriorado por el efecto de la crisis actual. Existen estudios contrastados que indican el campo de recuperación económica que puede ser la intervención en estas edificaciones [8].

Ante esta realidad nos encontramos con otro campo que puede frenar las aspiraciones de regeneración y rehabilitación energética. Esta es la creciente consideración de patrimonio edificado de mayor número de edificios. Desde la Carta de Cracovia de 2000 [9] se ha ampliado considerablemente el sentido estricto de patrimonio edificado. Ya no se puede considerar patrimonio arquitectónico o patrimonio edificado el que se refiere exclusivamente a inmuebles con una gran carga histórico-artística. Edificaciones de menor importancia pero que puedan resultar interesantes desde un punto de vista cultural, de memoria o simplemente de entorno pueden también estar constituyendo un elemento de valor.

La intervención energética. 5 Grados.

Si tenemos en cuenta la problemática que puede llegar a surgir si no se consigue aunar los dos planteamientos, la intervención energética y el patrimonio a conservar, podemos encontrarnos en pocos años que se están logrando objetivos energéticos pero que el precio a pagar por consumir menos energía es el tener unas ciudades difícilmente reconocibles. O lo que es peor, que se blinden la mayor parte de los inmuebles históricos mediante la aprobación de nuevos inventarios de bienes inmuebles, sin dejar que se actúe en ellos energéticamente.

Lo que a continuación se plantea es establecer unos niveles de intervención progresiva, de manera que de partida se tiene en cuenta el origen del inmueble y el entorno al que pertenece. Al igual que existen diversos grados de protección para los inmuebles clasificados, lo que se plantea es establecer de la misma manera diferentes grados de intervención energética.

Se plantean 5 grados de intervención o niveles de mejora energética. Se parte del nivel o Grado 0 que es el estudio

of the building stock, but they viewed it as an opportunity to launch the economy of the construction sector, which had suffered so much due to the current economic crisis. There are contrasting studies that indicate that one path towards economic recovery could be by intervening in these buildings [8].

Faced with this reality, we encounter another field that may curb the aspirations of energy regeneration and rehabilitation. This is the growing appreciation of more and more buildings as built heritage. Since the Charter of Krakow of 2000 [9], the strict sense of built heritage has been considerably extended. Buildings that have a great historical-artistic load are no longer the only buildings considered as architectonic heritage or built heritage. Less important buildings, but which may be interesting from a viewpoint of culture, memory or simply because of where they are set, may also be valuable elements.

Energy intervention. 5 Grades

If we take into account the difficulties that may arise if the two approaches - the energy intervention and preservation of the heritage - fail to be combined, we might find that in a few years we will be achieving energy objectives but the price to pay for reducing energy consumption is making the cities unrecognisable. Or what it is worse, that most of the historical buildings are shielded (understanding as historic buildings those that have more than a few decades of life), by approving new real estate inventories. And as a result, we could not intervene energetically in them.

What is proposed below is to establish progressive levels of intervention, so that, from the very start, we establish the origin of the building and the environment that it belongs to. Just as there are different degrees of protection for preserved buildings, what is proposed is to establish different degrees of energy intervention.

Five intervention grades or energy improvement levels are proposed, starting with the first level or 0 Grade, which is the study of the building as it is today, and ending with the final level or Grade IV, which would be the case of the most intervened building. Between them, there would be a progressive energy efficiency improvement level and a regressive heritage protection level. Thus, the greater level of intervention in the building, the lower the heating and cooling demand, the less energy consumption and lower emissions. On the other hand, the lower the level of intervention, the lower the level of energy efficiency, but the higher the level of protection and preservation.

Fig. 1. Trinkete de la Calle Nueva en Gros. Autor y fecha, desconocidos.

Edificio catalogado por el PEPPUC de San Sebastián [10] como Régimen General Grado A.

Fuente: Ficha del PEPPUC.

Trinkete in Calle Nueva, Gros. Author and date: unknown.

Listed building by the PEPPUC of San Sebastián [10] as "Régimen General Grado A".

Source: Files of PEPPUC.



del inmueble tal y como se encuentra en la actualidad hasta llegar al nivel o Grado IV que sería el caso del edificio más intervenido. Entre estos niveles existe un nivel de mejora progresivo de la eficiencia energética y un nivel regresivo de la protección del patrimonio. Así, a mayor grado de intervención menor demanda de calefacción y refrigeración, menor consumo de energía y menores emisiones del edificio. Por el contrario a menor nivel de intervención menor nivel de eficiencia energética pero mayor nivel de protección y conservación.

GRADE 0. The Original State

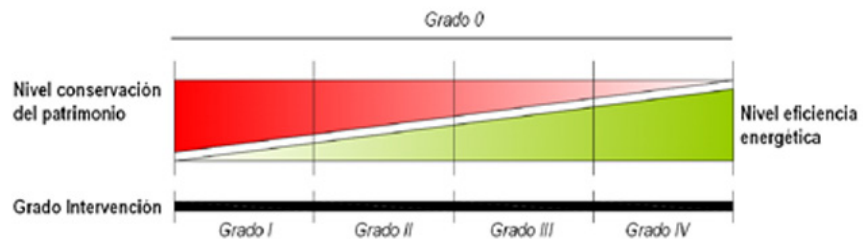
The so-called Grade 0 or Original State is not an intervention in itself. It is the study and analysis of the building in which we are going to intervene, as it is in its current state. Before submitting any type of intervention it is important to recognize and analyze what the construction where which we are going to operate is like. The building is part of an urban environment. It has some architectural features that make it up and it is comprised of constructive systems that

Fig. 2. Esquema de configuración de los 5 Grados de intervención.

Fuente: Autores.

Schematic configuration of 5 Grades of intervention.

Source: Authors.



GRADO 0. El Estado Original.

El denominado Grado 0 o Estado Original no se encuentra dentro de una intervención en sí. Es el estudio y análisis del inmueble en el que se va a intervenir, recogido tal y como está en su estado actual. Antes de plantear cualquier tipo de intervención es importante reconocer y analizar cómo es la construcción en el que vamos a actuar. El edificio forma parte de un entorno urbanístico. Tiene unas aracterísticas arquitectónicas que lo configuran, y está compuesto por sistemas constructivos que lo caracterizan. Además desde un punto de vista energético tendrá un comportamiento que será motivo de estudio, ya que si no sabemos cómo se comporta en su origen difícilmente podremos mejorar este comportamiento.

El objetivo de la caracterización de este Grado no es otro que el de tener una base sobre la que poder plantear la intervención. A partir de aquí sabremos equilibrar la parte energética con la parte de necesidad o no de conservación. Si además analizamos si está protegido o no y cuales son las características de protección, sabremos como poder aplicar soluciones que mejoren el comportamiento energético.

GRADO I. Conservación, Restauración y Reconstrucción

Dentro del Grado I se encuentran las edificaciones que ya han sido catalogadas y forman parte de los inventarios de bienes inmuebles más importantes

characterize it. In addition, from an energy point of view, it will have an energy performance that will be studied. This is because, if we do not know what its original performance is like, we can hardly improve it.

The main objective of characterizing this Grade is no other than to have a foundation on which to set out the intervention. From then on, we will be able to balance the energy part with the need or not for preservation. If we also analyze if it is protected or not, as well as the protection characteristics, we will know how to implement solutions that will improve the energy performance.

GRADE I. Conservation, Restoration and Reconstruction.

In Grade I, we can find buildings that have already been catalogued and form part of the inventories of the most important real estates. Each building catalogue depends on the different administrations. In these buildings, energy intervention will be complicated, as the work carried out on them will be considered more for their preservation, restoration and reconstruction.

The intervention carried out on them will be as allowed by the inventories. Most of them will be free from compliance with energy efficiency, as stated in point 1 of DB-HE, Section HE1 (Limitation of energy demand). Therefore, the energy improvement results will be low or zero and the heritage preservation results will be high. However, it is always interesting to investigate the possibility of establishing some kind of energy improvement, even though this is

Fig. 3. Estudio realizado para el TFM "Análisis del comportamiento energético de la vivienda del Siglo XX.

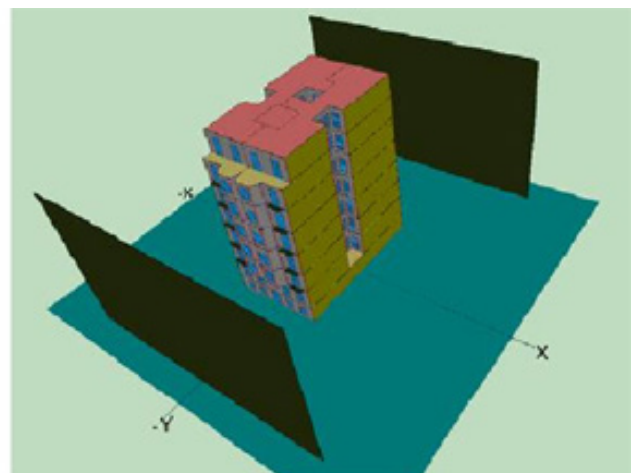
Gipuzkoa: 1900-1980. El ejemplo del barrio de Gros de Donostia/San Sebastián". UPV/EHU, 2012.

Autor: Eneko J. Uranga Santamaria.

Study of master final work TFM "Análisis del comportamiento energético de la vivienda del Siglo XX.

Gipuzkoa: 1900-1980. El ejemplo del barrio de Gros de Donostia/San Sebastián". UPV/EHU, 2012.

Author: Eneko J. Uranga Santamaria.



dependiendo de la administración que los catalogue. En estos edificios, la intervención energética será complicada, ya que las obras que se realicen en ellos serán más bien las consideradas para su conservación, restauración o reconstrucción.

La intervención que se realice será la permitida en los distintos inventarios, quedando en la mayor parte de los casos exenta del cumplimiento de la eficiencia energética tal y cómo recoge del punto 1 del DB-HE Sección HE1 (Limitación de la Demanda Energética). Por lo tanto los resultados de mejora energética serán bajos o nulos, y los de conservación del Patrimonio altos. No obstante, siempre será interesante indagar en la posibilidad, aunque está sea parcial y ligera, de establecer alguna mejora energética sin tener que desbaratar sus elementos protegidos.

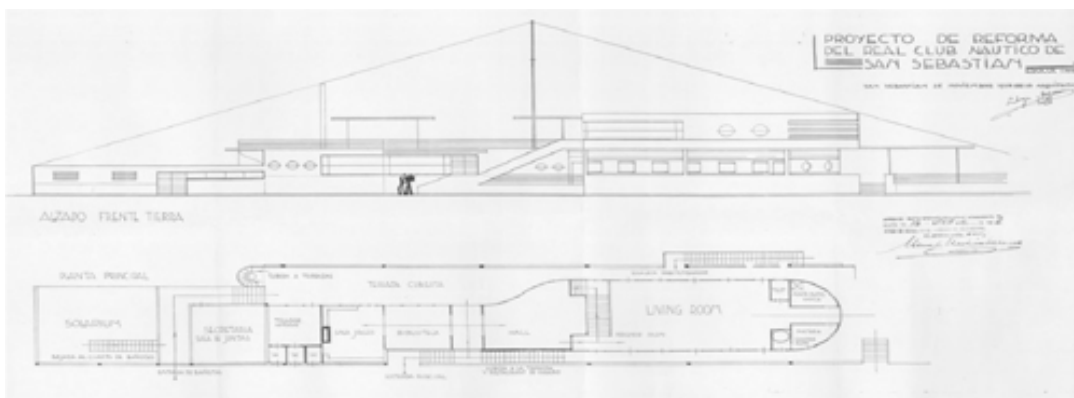


Fig. 4. Real Club Náutico de San Sebastián, J.M. Aizpurua y J. Labayen, 1929.

Edificio calificado como Bien Cultural categoría de Monumento según la Ley 7/1990 del Patrimonio Cultural Vasco.

Fuente: Archivo Municipal de San Sebastián.

Real Club Náutico de San Sebastián, J.M. Aizpurua y J. Labayen, 1929.

Building qualified as "Bien Cultural", Monument category under law Ley 7/1990 of Basque Cultural Heritage.

Source: Municipal Archives of San Sebastián

GRADO II. La Intervención Selectiva

En el caso del Grado II nos encontramos con inmuebles que o bien tienen un grado de protección menor o, si no lo tienen, cuentan con elementos que los hacen de interés para su conservación, aunque sea parcial. Se puede tratar de elementos constructivos aislados, que aunque carentes de un gran valor artístico o cultural, sean singulares. Es también el caso de un conjunto de edificios, que interesa conservar, por tratarse precisamente de un conjunto.

En este caso se trata sobre todo de edificios que integran nuestras ciudades y las caracterizan sin tener una impronta especial. Forman parte de un gran número de inmuebles, por lo que la intervención energética es irrenunciable. Los valores de conservación son parciales y es importante realizar una intervención energética. Pero eso sí, esta debe ser respetuosa con algunos valores. Como consecuencia de esto, la intervención energética a realizar debe ser selectiva, incidiendo en determinados elementos de manera que sus valores arquitectónicos iniciales no queden desfigurados. Se podrán reparar, sustituir e incluso modificar algunos elementos, pero únicamente los que no tengan valor de conservación, o no modifiquen sustancialmente el edificio. Se trata de una solución mixta, donde se logran valores de eficiencia energética positivos, aunque manteniendo siempre unas características de conservación del patrimonio.

Los resultados energéticos que se den no alcancen los exigidos por la normativa vigente. Se quedarán a medio camino de la eficiencia energética mínima requerida (entre 30 y 80%). El déficit queda compensado por el hecho de mantener los centros históricos de nuestras ciudades tal y como las conocemos actualmente.

partial and superficial, without spoiling the protected construction elements of the building.

GRADE II. Selective Intervention

In Grade II, we find buildings that either have a lower protection degree or even if they do not have one, they have elements that make them interesting to preserve, even though this is partial. These elements may be isolated construction elements, which, although lacking cultural or artistic value, are unique. This is also the case of an ensemble of buildings that may be interesting to preserve just as a whole.

In this case, above all, these are buildings that define our cities and characterize them without having any special stamp. They are part of a large number of buildings, so energy intervention on them is unavoidable. The

preservation values are partial and it is important to carry out an energy intervention. But, however, the intervention must respect certain values. As a result, the energy intervention to be carried out must be selective, focusing on certain elements so that their initial architectural values are not disfigured. Some elements could be repaired, replaced and even modified, but only ones that do not have any preservation values or that do not substantially modify the building. It is a mixed solution, where positive energy efficiency values are achieved, but always maintaining some minimum characteristics of the built heritage.

The energy results achieved will not reach the objectives established by the current legislation. They will only go halfway to achieving the minimum energy efficiency required (between 30 and 80%). The deficit will be compensated by the maintaining the downtowns of our cities as we know them today.

GRADE III. Massive Intervention

In this case, the solution encountered is still a mixed one. We achieve energy objectives and the building is basically maintained but with some variations in terms of its architecture. Unlike Grade II, in this case, the solution may lead to a partial change in the image and configuration of the building. Thus, better energy results are achieved, which must finally satisfy the current regulation justifying the more incisive intervention. Most of the building envelope elements are intervened, so this intervention may be called a massive one.

By applying this Intervention grade, the image of the building is altered, as the action will possibly be taken on the façade, as well as on other elements. In this case, there should be no protected elements or interesting architectural elements. Building volume and profile are maintained but the building has a new image thanks to the

Fig. 5. Edificio de la Equitativa, Donostia/San Sebastián. Autor: Fernando Arzadún, 1930.

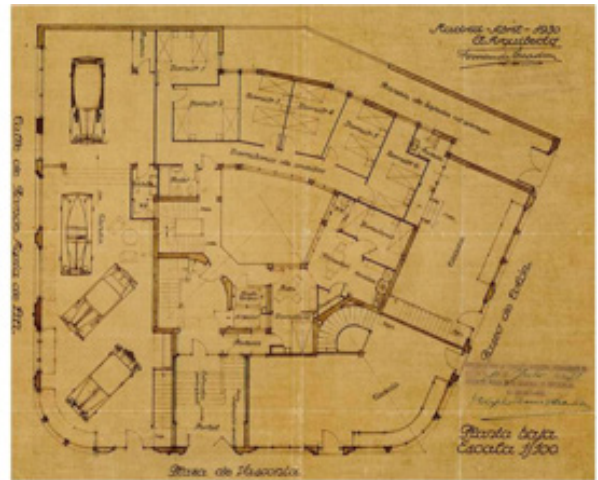
Edificio catalogado por el PEPPUC con el Grado C.

Fuente: Fotografía de Lauren Etxepare y Plano Archivo Municipal de San Sebastián.

The Equitativa Building, Donostia/San Sebastián. Author: Fernando Arzadún, 1930.

Listed building by PEPPUC with Grade C.

Source: Photograph by Lauren Etxepare and drawing of the Municipal Archive of San Sebastián.



GRADO III. La Intervención Masiva

En este caso, nos seguimos encontrando una solución, que se puede denominar mixta. Se logran objetivos energéticos y se sigue manteniendo esencialmente el inmueble pero con variaciones en cuanto su arquitectura. A diferencia del Grado II, en este caso la solución puede hacer variar parcialmente la imagen y la configuración del edificio. De esta manera se logran mejores resultados energéticos, que deben alcanzar el cumplimiento de la normativa vigente como justificante de esa intervención más incisiva. Se actúa en buena parte de los elementos que conforman la envolvente de la edificación de manera que su intervención se puede denominar cómo masiva.

Mediante la aplicación de este Grado de intervención, la imagen del edificio sufre alteraciones ya que será posiblemente en su fachada, además de en otros elementos, donde se actúe. En este caso no deben darse elementos de protección y tampoco de interés arquitectónico importante. La volumetría y perfil del edificio se mantiene pero se da una nueva imagen gracias al uso de nuevos materiales y soluciones constructivas.

use of new materials and construction solutions.

GRADE IV. Invasive Intervention

In this last Grade, the procedure is carried out as an invasive intervention, in other words, the original building acts as a support to introduce new solutions or expansions, in which case the improvement of the energy efficiency is the main result of the new building proposed. It will lead to the emergence of new spaces and even a new configuration of the volume and new construction characteristics. In short, the energy intervention will result in a new architecture.

In this case the energy requirements will be the highest; the building may be required to even be a NZEB or a passive one (Passive House). In a way, the intervention will be considered as if it were a new building.

The preservation of the original building is entirely left on one side and it is the resulting building that expresses if the new one shows something of the original architecture or not.

Fig. 6. Torre de Capuchinos, Errenteria, Autor: Félix Llanos, 1974.

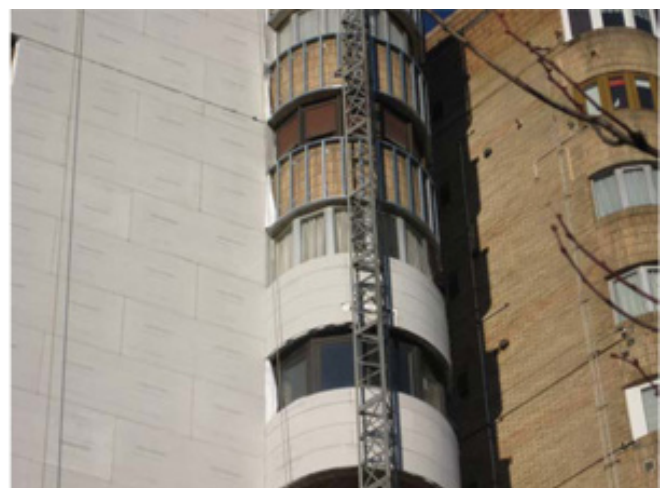
Imagen del edificio antes y durante la rehabilitación.

Fuente: Lauren Etxepare.

Capuchinos Tower, Errenteria. Author: Félix Llanos, 1974.

Picture of the building before and during the rehabilitation.

Source: Lauren Etxepare.



GRADO IV. La Intervención Invasiva

En este último Grado se actúa de una manera invasiva, es decir, se utiliza el inmueble original como soporte para introducir nuevas soluciones o ampliaciones dónde la mejora de la eficiencia energética es la principal consecuencia del nuevo edificio planteado. Esto hará que surjan nuevos espacios e incluso una nueva configuración de la volumetría y las características constructivas. En

Conclusions

We are, at present, at one extreme of a pendulum momentum that severely views our building stock as a terrible energy performance ensemble. Results must be sought and achieved to decrease the energy consumption in our buildings. But if these results, in the short and medium term, lead to, apart from energy characteristics, in



Fig. 7. "PLUS- Les grandes ensembles de logements – Territoires d'exception". Autores: Druot, F.; Lacaton, A. ; Vassal, J.P. 2004.

Fuente: <http://www.lacatonvassal.com>

"PLUS- Les grandes ensembles de logements – Territoires d'exception". Authors: Druot, F.; Lacaton, A. ; Vassal, J.P. 2004.

Source: <http://www.lacatonvassal.com>

definitiva haga que de la intervención energética surja una nueva arquitectura.

En este caso las solicitudes energéticas serán las máximas, pudiendo llegar a exigir que sea un edificio NZEB o pasivo (Passive House). Es decir, exigir que sea considerada la intervención como si de una nueva construcción se tratase.

La conservación del inmueble original queda completamente a un lado, siendo el edificio resultante el que exprese si se mantiene algo de la arquitectura original o no.

Conclusiones

Nos encontramos, actualmente, en el extremo de una dinámica pendular que observa, de manera severa, a nuestro parque edificado como un conjunto de pésimo comportamiento energético en general. Se deben buscar y lograr resultados de manera que disminuyamos el consumo energético de nuestros edificios. Pero si estos resultados a corto y a medio plazo dan, aparte de las características energéticas, una desfiguración de nuestras ciudades, estaremos en el otro extremo del péndulo.

Es completamente necesario, antes de acometer esta gran intervención que se nos plantea en el presente, dedicar un tiempo a la reflexión sobre cuales deben ser los objetivos que queremos y debemos lograr, pero estos no deben ser únicamente energéticos, si no estaremos hipotecando el patrimonio en nombre de una necesidad.

Está claro que en esta intervención energética que vamos a realizar en nuestras ciudades existen y van a existir riesgos y beneficios. Lo más importante es plantear estos desde un principio para que los resultados no vengan como consecuencia de una actuación a ciegas.

Tal vez tengamos que "sacrificar" parte del óptimo energético para salvaguardar la configuración de nuestras ciudades y mejorar la eficiencia energética si no es en el 100% que al menos sea en el 80%. Si únicamente miramos el resultado energético estaremos hipotecando el patrimonio. Al contrario si sobreprotegemos el patrimonio estaremos perdiendo una oportunidad de convertir nuestros edificios en elementos energéticamente eficientes.

a distortion of our cities, we will surely be at the other end of the pendulum.

Before undertaking this major intervention that is proposed today, it is absolutely necessary to spend some time reflecting on what objectives we want and ought to achieve. But those should not be only energy ones, because in this case we will be mortgaging our heritage in the name of a need.

It is clear that there are and there will be both risks and benefits in this energy intervention that we are carrying out in our cities. The most important thing is to set out these risks and benefits from the beginning, so the results are not the consequence of acting blindly.

We may have to "sacrifice" part of the optimal energy settings to safeguard the configuration of our cities and improve the energy efficiency. Instead of this being 100%, it would be good to reach at least the 80%. If we only consider the energy result we will be mortgaging the heritage. On the contrary, if we overprotect our built heritage we will be wasting an opportunity of transforming our buildings into energy efficient elements.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

- [1] Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, Relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios (Refundición). DOUE L153/13 del 18.6.2010. <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
- [2] Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, Relativa a la Eficiencia Energética por la que se modifican las Directivas 2009/125/Ce y 2010/30/UE, y por la que se derogan Las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. DOUE L315/1 del 14.11.2012. <http://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>
- [3] Real decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. BOE núm 89, de 13 de abril de 2013, Sec.I. Pág. 27548. <http://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3904.pdf>
- [4] Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. BOE núm 219, pág 67137 a 67209 (73 págs.) de 12 septiembre de 2013. <http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/>
- [5] Instituto Nacional de estadística -INE. Censo de Población y Viviendas 2011. <http://www.ine.es/>
- [6] Real Decreto 2419/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios. BOE núm 253, de 22 de octubre de 1979, pág 24524 a 24550. <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1979-24866>
- [7] Ley 8/2013, de 26 de junio de Rehabilitación, regeneración y Renovación Urbanas. BOE núm 153, de 27 de junio de 2013, Sec. I. Pág 47964. http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-6938
- [8] Informe GTR (Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación) 2014. Estrategia para la rehabilitación. Claves para transformar el sector de la edificación en España. Cuchi, A.; Sweatman, P. Diciembre 2013.
- [9] Carta de Cracovia 2000. Principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio Construido. Versión española del Instituto Español de Arquitectura (Universidad de Valladolid). Rivera Blanco J., Pérez Arroyo, S. Miembros del Comité Científico de la "Conferencia Internacional Cracovia 2000". http://ipce.mcu.es/pdfs/2000_Carta_Cracovia.pdf
- [10] PEPPUC o Plan Especial de Protección del Patrimonio Urbanístico Construido de San Sebastián. Aprobación inicial, marzo 2013.

La experiencia del Edificio LUCIA: estrategias imprescindibles de sostenibilidad para conseguir Edificios De Energía Casi Nula

LUCIA Building experience: essential strategies for sustainability to achieve Near Zero Energy Buildings

Francisco Valbuena García¹, M. J. González Díaz²

RESUMEN

La Universidad de Valladolid ha construido el edificio LUCIA (Lanzadera Universitaria de Centros de Investigación Aplicada) en el que muestra los mejores alcances en varias materias de arquitectura sostenible, evaluadas y valoradas por terceras partes, pudiéndose definir, de acuerdo con la directiva europea 2010/31/UE, como un edificio de consumo casi nulo de energía y cero emisiones de CO₂.

Este artículo señala las principales estrategias que han hecho posible el conseguir un edificio con estas características y con un precio muy abordable. No han sido solamente las características técnicas las que lo han hecho posible. Aspectos de gestión, de pre-diseño, y diseño bioclimático, aspectos sociales, y el deseo de poner en valor recursos y potencialidad local han formado parte de estas estrategias hasta la fase actual del edificio (recientemente inaugurado) y habrán de formar parte de las siguientes etapas para extender los resultados obtenidos a las de mantenimiento y funcionamiento a lo largo de su ciclo de vida.

En el edificio, destinado a laboratorios y centros de investigación, se han desarrollado formas de diseño, estrategias bioclimáticas, técnicas constructivas y sistemas de producción que consiguen importantes reducciones en demandas de iluminación (61%), calefacción (90%) y refrigeración (41%), hasta obtener una demanda final para el edificio de 81.82 kWh/m² y año que incluye calefacción, refrigeración, ventilación, ACS y electricidad, según la modelización realizada con el sistema DOE-2 mediante el programa EQUEST3.64.

Una vez reducida la demanda, toda la energía que se consume en el edificio, incluida la requerida por el equipamiento, se consigue mediante energías renovables: geotermia, fotovoltaica (integrada en el edificio) y

biomasa. Un sistema de cogeneración a pequeña escala basada en gasificación de biomasa, junto con una máquina de absorción, cubre la mayor parte de las demandas eléctricas (100 kW_e) y térmicas del edificio (180 kW_t). Un completo sistema de monitorización registrará los datos energéticos para poder estudiar y valorar los resultados obtenidos. Junto con los resultados obtenidos en materia energética, se han implementado numerosas actuaciones y estrategias en campos como los sociales, los referidos al entorno, accesibilidad, agua, residuos, vegetación, biodiversidad, selección de materiales, reducción de contaminantes, potencial formativo, etc. Especial hincapié se ha realizado para aumentar conciencia y conocimiento, mediante una fuerte tarea de difusión de los alcances obtenidos en el edificio. El edificio LUCIA es pues CERO ENERGÍA y CERO EMISIONES DE CO₂, cuenta con la certificación energética A y opta a los niveles máximos de hojas en certificación VERDE y platino en certificación LEED. Hapermitido avanzar en investigación sobre arquitectura sostenible basada en diseño bioclimático, uso de energías renovables y de la biomasa como producto energético renovable local, demostrando su potencial para reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles y fomentar una economía menos centralizada y que depende del propio consumidor. El coste total del edificio ha sido 8.225.413,36 € (IVA incluido), y su superficie construida total es de 7500 m². Financiado por la Junta de Castilla y León y Fondo Europeo de Desarrollo Regional 2010-2012.

Palabras clave: Cero CO₂, Cero energía, Equipamiento, Bioclimático, Diseño

Key words: Zero CO₂, Zero energy, Equipment, Bioclimatic, Design

(1) Unidad Técnica de Arquitectura. Universidad de Valladolid (2) Torre de Comares Arquitectos sl, Valladolid. E: direccion.unidad.tecnica@uva.es

Introducción

El edificio LUCIA, construido por la Universidad de Valladolid, será utilizado para laboratorios y centros derivados relacionados con nutrición, alimentación y dietética, metabopatías y desarrollo de la Sociedad Digital del Conocimiento. Se ha considerado su construcción como una oportunidad para la investigación y el crecimiento en materia de edificación sostenible. La realización del propio edificio puede ser un campo de investigación, de incorporación de soluciones no experimentadas, e incluso de verificación y control de los métodos existentes, de forma que se convierta en testimonio de la posibilidad de alcanzar la mayor sostenibilidad posible en los edificios, utilizando sólo energías renovables. Las estrategias consisten en reducir la demanda energética mediante un diseño bioclimático, sistemas eficientes, uso de recursos locales y una importante labor de difusión de sus alcances, buscando la participación de los usuarios. El uso integral de recursos locales como la biomasa, tiene un fuerte potencial para la creación de puestos de trabajo locales.

La Directiva Europea 2010/31/ EU de 19 Mayo 2010 urge a los estados miembros a realizar edificio "de casi nula energía" para el 31 de diciembre de 2020 (para el 2018 en la administración pública). El edificio LUCIA es un ejemplo excelente de cómo se puede conseguir un edificio de NULA energía y nulas emisiones de CO₂. De acuerdo con la simulación energética realizada (mediante DOE-2, programa E-Quest 3.64), comparado con la referencia ASHRAE, consigue importantes reducciones en demandas de calefacción (90%), refrigeración (41%), e iluminación (61%), hasta obtener una demanda final para el edificio de 81,82 kWh/m² año que incluye calefacción, refrigeración, ventilación y ACS. La producción anual de emisiones de CO₂ es nula (Cero emisiones de CO₂)

Los resultados serán verificados: se ha dispuesto un sofisticado sistema de control y gestión integral del edificio denominado DESIGO™, de SIEMENS, basado en la tecnología *SCADA, que junto con el Plan de Medida y Verificación (acorde con el IMVP desarrollado por EVO, así como con el ASHRAE (Guideline 14-2002: Measurement of Energy and Demand Saving), permitirá la realización de los estudios demostrativos de ahorro durante un tiempo mínimo de un año por parte del equipo de medición y verificación (basados en tecnologías LON / KNX / MODBUS) a contar desde el arranque definitivo del edificio tras la finalización del proceso de su puesta en marcha y la estabilización de los consumos energéticos tras los primeros meses.

Estrategias para el ahorro de energía

Diseño bioclimático compacto para reducir la demanda de calefacción

Posee alta compacidad: el edificio presenta un factor de forma 0,37 m⁻¹ para sus 5.920 m² acondicionados, lo que supone un ratio difícilmente mejorable, para optimizar el área climatizada.(Fig.1) Además de esto, las específicas condiciones de tratamiento de la superficie externa del edificio, con vegetación y árboles caducos, pavimentación filtrante en el aparcamiento abierto, la vegetación tipo sedum y la cubierta verde (73,5% de la cubierta es vegetal), produce un microclima local que reduce el efecto de isla de calor.

Diseño y forma de la fachada

La forma del solar exige largas fachadas en orientaciones Sur-Oeste y Norte-Este, por lo que se ha realizado un

Introduction

The LUCIA building, built by the University of Valladolid, will be used for laboratories and will provide areas for spin-offs related to nutrition, food, and dietetics; metabopathies as well as the development of the Digital Knowledge Society. It will offer the chance to investigate a range of features that will shed light on other as yet unexplored areas, using only renewable energies. Strategies lay in the fields of reducing energy demands through bioclimatic design, efficient systems, use of local resources and important training and dissemination activities, which are provided to the user's implication. The integral use of local resources (bio-mass) implies researching in an area with great potential in local job creation.

The Directive 2010/31/ EU of 19 May 2010 encourage member states to ensure that all new buildings are "nearly zero energy consumption" through 31 December 2020 (2018 for public administration buildings). The building LUCIA shows a spectacular example both in very low rate of energy consumption, and zero CO₂ emission building. According to the E-Quest evaluation system, (DOE-2 program E-Quest 3.64), compared to ASHRAE baseline building, LUCIA shows saving demands of 90% (heating); 41% (refrigeration) and 61% electricity for light. The final energy demand of the buildings is 81,82 kWh/m² year, the energy balance including HVAC (heating, ventilation, and air conditioning). Annual production of the building is 0 (zero CO₂ emissions).

Those results will be checked; because the building includes a sophisticate integral building management system (BMS) called DESIGO INSIGHT from Siemens, based in SCADA technology (Supervisory Control and Data Acquisition software). Control system operations and data transfer (based in LON / KNX / MODBUS technologies) conduct to analyze the real effect of energy efficiency measures implemented results isolating variations in demand not attributable to own efficiency measures installed.

Strategies about saving energy

Passive and compact bio-climatic design to reduce heating and cooling demand.

The building has a 0.37m⁻¹ form factor for its 5,920 m² of usable space, giving a ratio which is hard to improve. (Fig. 1) Compactness means the relation between surface and envelope and the climate controlled area can be optimised, thereby reducing the former. Added to that, the specific design of external area, local vegetation, deciduous trees, implementation of green permeable pavement on the park area and the sedum type intensive vegetation (73.5% of the surface on the green roof), produce a microclimate to reduce the heat island effect at the site.



Fig. 1.

cuidadosísimo estudio de reorientación en el diseño de los huecos combinado con los aleros en las orientaciones soleadas. Esto define la forma en dientes de sierra de las fachadas (Fig.1). Los huecos, con este sistema, se orientan al Sur y al Este en una proporción del 89% de su superficie, lo que produce ganancias térmicas en invierno, un efecto de auto-sombreamiento en verano que reduce las cargas de refrigeración, y al mismo tiempo se asegura la iluminación natural. Se considera que la reducción en la carga de refrigeración del edificio conseguida mediante este procedimiento de diseño es de un 24%, y se cifra en torno a los 40 kWh/m² año.

Fuerte aislamiento térmico

La envolvente térmica presenta un aislamiento por encima de los mínimos exigidos por la normativa española CTE exigible en el momento de proyecto y la ASHRAE (2007). Los coeficientes de aislamientos utilizados, muy importantes, ($U=0,17$ W/m²K en fachadas y $U= 0,15$ W/m²K en su cubierta vegetal) limitarán las pérdidas por transmisión y por tanto reducción de la demanda. El uso de materiales de bajo impacto ambiental en el aislamiento térmico (100% natural procedente de madera) se considera compensado con el aislamiento en calefacción. También ha sido considerado el efecto térmico de la inercia térmica de la propia estructura del edificio (hormigón armado) y particularmente con la cubierta vegetal, que cubre el 73,5% del edificio.

Mejora de la iluminación natural con pozos de luz

La iluminación natural, además de tener efectos beneficiosos sobre la salud y el bienestar, reduce la demanda eléctrica de iluminación artificial. La decisión de realizar un edificio compacto se ha combinado con el aumento de la iluminación natural en los espacios interiores mediante el uso de lucernarios sobre los cuerpos de escaleras (Fig.2) y la colocación de profuso de pozos de luz (Solatube, en total 27 unidades). Según la simulación realizada, los 146,190 kWh anuales para iluminación que necesitaría el edificio de referencia (criterio ASHRAE), en el edificio LUCIA se reducen a 74,790 kWh gracias a estos dispositivos y los sistemas de control. (Fig.3)

Diseño de aparcamientos abiertos

Además de beneficios de tipo sensitivo (un aparcamiento abierto es mucho más agradable que uno cerrado), una decisión de este tipo evita la necesidad de forzar la ventilación, la iluminación artificial, los equipos de seguridad, contra incendios y anti CO₂, reduciendo cargas energéticas y económicas, permitiendo vegetación, pavimento filtrante y favoreciendo la biodiversidad. (Fig.4)

Sistemas específicos de control

Se han utilizado dispositivos y equipamiento de baja energía (como los ascensores), y sistema de control winDIM2net

Form façade design

The characteristics of the site require long walls facing South-West and North-East. This meant that a careful re-orientation study was performed when designing the spaces combined with the eaves in the parts facing the sun. (Fig. 1) Using this system, 89% of the surface openings face South and East, achieving thermal gains in winter, and a self-shadowing effect in summer, thereby reducing the cooling load, whilst at the same time ensuring natural light. On its longest sides, the resulting surface resembles a "saw-tooth", one drawback being the increased surface envelope. This strategy of design leads to a 24% reduction in the building's cooling loads, what is near to 40 kWh/m² y, according to the simulations carried out.

Strong Insulation

The thermal transfer coefficients used in the building envelope compared to those stipulated by Spanish Building Regulations (CTE) and ASHRAE (ASHRAE 2007) are really important: The insulation coefficients used, a key factor ($U=0,17$ W/m²K on facades, and $U= 0,15$ W/m²K on the green roof) will restrict loss through transfer and therefore lead to a reduction in demand. One drawback is the increased energy in the materials that can be reduced or even removed through the use of natural insulation (100% natural from wood), and an extra financial cost which is offset by the reduction in energy consumption. One further aspect to be taken into account in this section is the effect of thermal inertia achieved in the structure of the building itself (reinforced concrete), particularly with the green roof, which covers 73.5% of its surface.

Improvement of Natural Lighting using solar tubes:

The decision to construct a compact building has been merged with an increase in natural lighting of indoor areas through the widespread use of tubular day lighting devices or solar-tubes (27 in all) and skylights above the staircases (Fig 2). In addition to offering beneficial effects for health and wellbeing, natural light reduces the electricity requirement for artificial light: these are static elements which simply reflect incident sunlight, as a result of which they require no power to work. According to energy simulation, the 146,190 kWh per year demand of an ASHRAE reference building is reduced to a 74,790 kWh with this system and special devices. (Fig.3)

Open design of park places

In addition to the personal benefits (an open-plan car park is far more pleasant than a closed one), taking such a decision allows for natural ventilation and lighting, allows green permeable pavement, and drastically reducing the need for artificial lighting, fire-fighting facilities, anti-CO₂ equipment, and so on. (Fig 4)

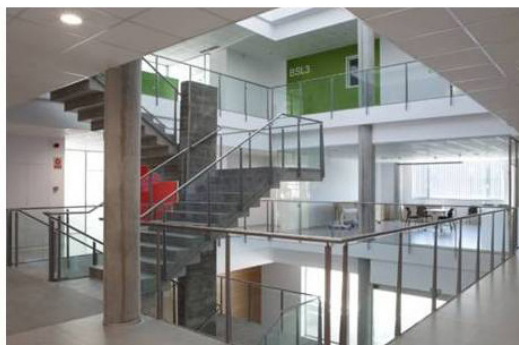
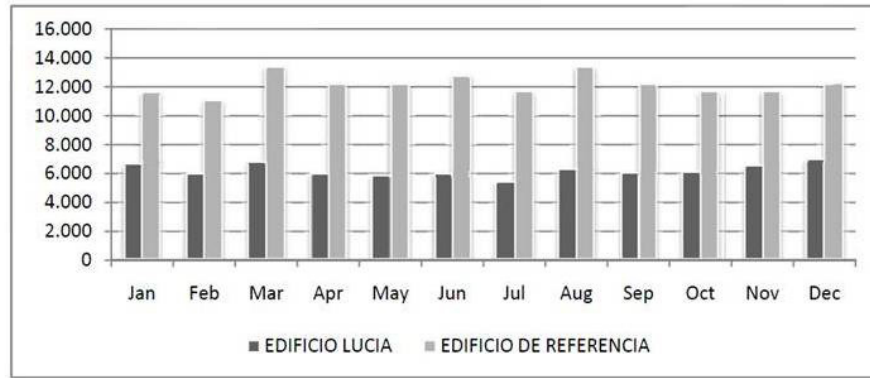


Fig. 2.

Fig.3.



ILUMINACIÓN	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
LUCIA (kWh)	6.640	5.990	6.810	5.960	5.800	5.980	5.420	6.330	6.040	6.070	6.480	6.980	74.490
REFERENCIA (kWh)	11.650	11.070	13.400	12.230	12.230	12.810	11.650	13.400	12.230	11.650	11.650	12.230	146.190

Fig.4.



de la iluminación tipo DALI (Digital Addressable Lighting Interface) en función de la ocupación y nivel de iluminación natural.

Energías renovables

Geotérmica

Para la ventilación obligada por CTE, se ha utilizado como sistema de apoyo una instalación de tubos geotérmicos que precalientan o enfrían el aire, según las estaciones, previamente a la entrada en el circuito. El equivalente energético de la aportación de este sistema es de 25,000 kWh. Se reduce con ello el consumo de energía para acondicionar el aire interior, y se inicia el camino para la explotación de este sistema a mayor escala. (Fig.5)

Fotovoltaica

Se integra la energía fotovoltaica en el edificio de dos formas: en un muro tipo cortina de doble piel en la fachada Sur-este en espacios comunes de descanso y en los lucernarios sobre los cuerpos de escaleras (Fig.6: exterior e interior del muro). Los propios paneles fotovoltaicos, y la doble piel permiten filtrar esta fuerte incidencia de luz natural al interior.

Special control devices

Using energy efficiency equipment (saving energy lifts) and winDIM2net control system, Digital Addressable Lighting Interface (DALI), a communication interface system for lighting to regulate according to natural daylight.

Use of renewable energies

Geothermal

The site covers a large enough area to allow for the creation of certain external environmental conditions to develop through the use of vegetation, and can even aid the ventilation systems using geothermal pipes on the building's exterior. This system, which conditions outdoor air naturally before ducting it into the ventilation system, may be deemed both a bioclimatic as well as renewable energy production device. The geothermal tubes produce 25,000 kWh of thermal energy per year (Fig.5).

Photovoltaic

The architectural design of the building merges photovoltaic systems in two ideal areas: the double skin curtain wall in the South-East facing wall (where common rest areas are located) and two skylights above each of the staircase areas (Fig. 6: external and internal part of wall). The actual



Fig. 5.

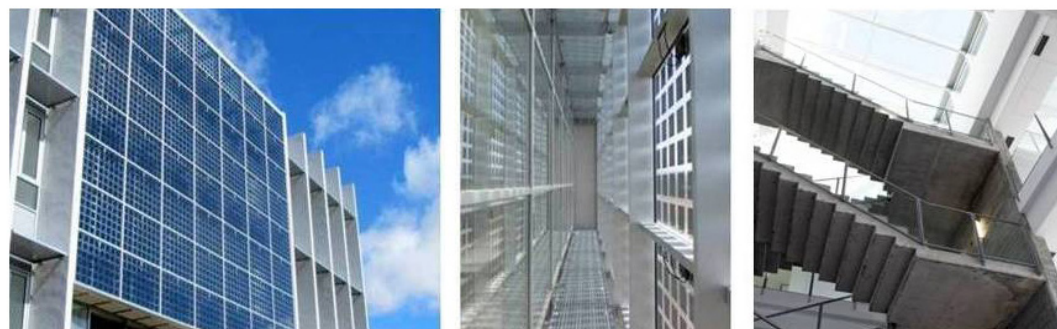


Fig.5.

La fachada de doble piel produce anualmente 5,000 kWh y los lucernarios 5,500 kWh, lo que supone un ahorro anual de 3,570 euros anuales. Contribuyen al balance positivo de energías renovables del edificio e impulsan la investigación en esta materia. Suponen un sobrecoste económico a compensar por la reducción en consumo de energía y emisiones de CO₂. Para el posible sobrecalentamiento se han estudiado soluciones específicas.

Biomasa

El uso de la biomasa procedente de las limpiezas forestales o de los tratamientos de las masas vegetales, producto excedentario en Castilla y León, tiene un gran potencial en la región como creador de empleo local, y permite la autosuficiencia energética.

Se ha optado por utilizar un sistema de cogeneración que utiliza biomasa lignocelulósica para la cogeneración a pequeña escala basada en gasificación de biomasa. La tecnología implementada utiliza un reactor de gasificación de corrientes paralelas que transforma la astilla de madera en un gas combustible (gas pobre) que tras ser acondicionado es utilizado en motores de combustión interna alternativos para cogenerar energía eléctrica y térmica. El sistema permite obtener 100 kW de energía eléctrica en los motores y más de 180 kW de energía térmica aprovechando el agua de refrigeración de los motores y la entalpía de sus gases de escape. La energía térmica se extrae del sistema en forma de agua a 90 °C lo cual es fundamental para la utilización eficiente de la máquina de absorción ubicada en el edificio. Un completo sistema de monitorización registrará los datos energéticos para poder estudiar y valorar los resultados. Se ha utilizado este sistema porque se adapta a la pequeña escala necesaria para el edificio, permitiendo una autonomía que puede servir de ejemplo a otros edificios del sector terciario

Otras estrategias de sostenibilidad

Gestión del ciclo del agua

Reducción de la demanda de agua potable, mediante la recuperación del 73% del agua de lluvia recogida en la

photovoltaic panels themselves and the double skin allow this strong natural light to be filtered into the building's interior. The double skin facade produces 5,000 kWh per year and the skylights 5,500 kWh, leading to an annual saving of 3,570.00 euros. They contribute to the building's positive renewable energy balance as well as encouraging research into the topic such that, in addition to producing electrical energy, the skylights aid climate control in the building, both in winter and summer. This entails an added cost in financial terms which is offset by the constant reduction in energy consumption, further research, and emission reduction

Biomass

Use of biomass, a surplus resource in the region (Castilla y León- Spain) where the building is being constructed, has a major socio-economic impact, and will lead not only to job creation but also to enhanced self-sufficiency in energy.

Especially worthy of note among the power generating systems is a cogeneration system that uses lignocellulosic biomass as fuel, and which covers most of the building's thermal (heating, cooling, ventilation, ACS) and electricity demand. The cogeneration system based on biomass, operates as a self-sufficient system from the power point of view. In this sense, the 100 kW of electric power generated by the cogeneration system allows the annual electrical requirements to be covered, and the average value of 180 kW of thermal energy generated satisfy the thermal needs of the absorption chiller responsible for supplying the building with cooling needs. In any case, and given the special characteristics of the building's use (biomedical laboratories), the system is connected to the grid, has a support biomass boiler and a hot water tank (90°) that allows the energy supplied to adapt to instantaneous variations in the building's power demand throughout the year. Foundation for small-scale cogeneration based on the gasification of biomass because this new system fits the building's needs, thus achieving an autonomy that can serve as an example for other buildings of the tertiary sector.

cubierta, y tratamiento y reciclaje del 100% de las aguas grises para su uso en el sistema de saneamiento, equipados además con dispositivos ahorradores. La cubierta es vegetal, y se recupera el agua de lluvia para su reutilización en las cisternas de inodoros. Las plantas utilizadas son autóctonas y no requieren riego. Las aguas procedentes de laboratorio son tratadas previamente a su vertido a la red.

Selección de materiales de construcción

Se ha realizado una importante selección de materiales constructivos, incluyendo materiales de bajo impacto ambiental y baja energía incorporada; sin VOC; reutilizados, reciclados, reutilizables y reciclables; de origen local; los que generan menos residuo en su proceso (prefabricados, industrializados, etc.); de fácil desmantelamiento, etc. Además de esto, se han utilizado materiales fotocatalíticos basados en las aplicaciones de TiO₂ que accionan con el ambiente reduciendo la contaminación circundante.

La gestión de residuos

Ha sido cuidadosamente estudiada en las fases de construcción y de mantenimiento del edificio en todos sus ámbitos, incluyendo la realización de compost procedente del residuo vegetal. El análisis del residuo generado en la hipotética fase de demolición del edificio ha sido completado con el estudio de su posible reutilización.

Accesibilidad universal

Mejora del diseño, incluyendo dispositivos y elementos para facilitar el uso del edificio para personas con discapacidad.

Educativo

Se ha realizado y se está realizando un extenso Plan de educación e información del personal de mantenimiento, usuarios y profesores y alumnos de la Universidad y del público en general, para contribuir al conocimiento de los temas de medioambiente relacionados con los edificios.

Resultados

La reducción de impactos medioambientales conseguidos en referencia a un edificio convencionalmente diseñado y construido son evaluados con la herramienta VERDE, y alcanzan unos resultados óptimos. (Fig. 7)

En el campo de la energía necesaria para la gestión y mantenimiento del edificio los resultados se resumen en la

Other strategies about sustainability

Water cycle

Reduced water consumption has been achieved by; collecting and reusing rainwater (73%) and all grey water (100%), with networks which separate those from the laboratory water to be processed before discharge; bathroom facilities equipped with electronic taps that incorporate flow reduction; the use of autochthonous vegetation that does not require mechanical watering, etc.

Selection of construction materials

Strong selection of constructions materials: low-environmental impact; low embodied energy; no-VOC; recycled end renewal; methods which reduce as much as possible the waste generated during the building process (prefabricated, dry wall partition, etc); provide for easy disassembly. Even recycled materials as well as reused building materials are employed, in addition to photocatalytic building materials based in applications of TiO₂.

Waste analysis

A further aspect taken into consideration is waste management during the construction phase as well as during the building's use. The project includes a plan for studying all the waste generated during the building's life-cycle, and the creation of compost from vegetable waste is also envisaged. Finally, the waste generated during future demolition of the building has also been studied with a view to securing the maximum possible recovery of the materials used.

Integral accessibility

Improvement of devices and facilities for people with disabilities;

Educational

Educational plan about maintenance for technicians; information to staff, users and personal from the University and general people to improve the general knowledge of environmental items related to buildings.

Fig. 7.

Resultados de la evaluación Absoluta									
#	Los datos están basados sobre las puntuaciones obtenida en la Auto-evaluación	Indicador/ m2.año	Peso	Edificio de Referencia	Edificio objeto	Impacto Evitado	% de Reducción de Impacto	% de Impacto	Impacto Evitado Relativo
1	Cambio Climático	kg CO2eq	27%	90,64	12,67	77,97	90,5%	9,5%	4,5
2	Aumento de las radiaciones UV a nivel del suelo	kg CFC11eq	0%	0,00	0,00	0,00	0,0%	100,0%	0,0
3	Perdida de fertilidad	Kg SO2eq	5%	0,0111	0,0002	0,01	98,5%	1,5%	4,9
4	Perdida de vida acuática	kg PO4eq	6%	0,01	0,00	0,01	100,0%	0,0%	5,0
5	Emisión de productos foto-oxidantes	kg C2H4eq	8%	0,01	0,00	0,01	99,9%	0,1%	5,0
6	Cambios en la biodiversidad	%	4%	100%	-4%	1,04	100,0%	0,0%	5,0
7	Agotamiento de energía no renovable, energía primaria	MJ	8%	1117,02	689,47	427,55	39,7%	60,3%	2,0
8	Agotamiento de recursos no renovable diferente de la energía primaria	kg de Sb	9%	74,67	58,46	16,21	100,0%	0,0%	5,0
9	Agotamiento de aguas potables	m3	10%	0,34	-0,02	0,36	100,0%	0,0%	5,0
11	Generación de residuos no peligrosos	kg	6%	35,86	1,79	34,07	100,0%	0,0%	5,0
16	Salud, bienestar y productividad para los usuarios	%	12%	100%	12%	0,88	87,7%	12,3%	4,4
19	Riesgo financiero o beneficios para los inversores-Coste del Ciclo de Vida	€ (EUR)	5%	38,96	15,03	23,94	100,0%	0,0%	5,0
Impacto Evitado			100%						4,55

ENERGY DEMAND	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
COOLING	54.32 kWh/m ²	31.97 kWh/m ²	31.97 kWh/m ²
HEATING	58.72 kWh/m ²	6.02 kWh/m ²	6.02 kWh/m ²
ELECTRICITY	68.77 kWh/m ²	31.33 kWh/m ²	38.59 kWh/m ²
SANITARY HOT WATER	5.24 kWh/m ²	5.24 kWh/m ²	5.24 kWh/m ²
TOTAL W/O EQUIPMENT	187.05 kWh/m ²	74.56 kWh/m ²	81.82 kWh/m ²
EQUIPMENT (PROCESS)	73.73 kWh/m ²	73.73 kWh/m ²	73.73 kWh/m ²
TOTAL	260.78 kWh/m ²	148.29 kWh/m ²	155.55 kWh/m ²
FINAL ENERGY USE	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
TOTAL W/O EQUIPMENT	196.85 kWh/m ²	116.29 kWh/m ²	258.25 kWh/m ²
PRIMARY ENERGY USE	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
TOTAL W/O EQUIPMENT	339.98 kWh/m ²	166.52 kWh/m ²	258.25 kWh/m ²
CO ₂ EMISSIONS	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
TOTAL W/O EQUIPMENT	150.84 kg CO ₂ /m ²	52.93 kg CO ₂ /m ²	0.00 kg CO ₂ /m ²
ECONOMIC COST	BASELINE BUILDING	LUCIA W/O CHP	LUCIA BUILDING
TOTAL W/O EQUIPMENT	16.68 €/m ²	6.64 €/m ²	4.30 €/m ²

Fig. 8.

Fig.8, donde se recogen en su comparación con un edificio convencional, y con el edificio LUCIA sin y con el sistema de cogeneración (LUCIA v/o CHP), de acuerdo con el método E-Quest, optando a LEED- Platino.

Conclusiones

El edificio será Cero emisiones y es referencia en eficiencia energética y arquitectura sostenible, incluidos sus aspectos sociales y económicos. Es propiamente un edificio de Cero Energía y edificio Cero CO₂, gracias a la coordinación y coherencia entre el diseño bioclimático, los sistemas y tecnologías más eficientes y el uso de energías renovables con exclusividad.

Es pues un edificio que sirve de referencia para reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles. Puede ser una referencia de consumo para los edificios de Casi nula energía del sector terciario, especialmente en la cifra de demanda alcanzada de 81,82 kWh año. El coste de mantenimiento (4.30 €/m²) demuestra que económicamente es abordable y además más económico que un edificio convencional.

El edificio demuestra que es posible la autosuficiencia energética con recursos renovables es posible. Constituye un ejemplo realizado, tangible e indiscutible de que es posible innovar y conseguir edificios CERO ENERGÍA en el SECTOR TERCIARIO, gracias a la coordinación de elementos como un diseño arquitectónico adecuado al lugar y la producción in situ de toda la energía requerida con sistemas renovables. Varios de los sistemas empleados para este EDIFICIO CERO ENERGÍA son de nueva introducción, de nueva aplicación o de fabricación expresa, constatando cómo los sectores energéticos de renovables pueden ser un punto de apoyo para la mejora de economías locales, favoreciendo la creación de puestos de trabajo en investigación y fabricación de equipos y sistemas

Results

According to VERDE environmental assessment method, the provisional ratios reach by LUCIA building as built is shown in the Fig 7 (last column: reached impact over 5) in different environmental impacts (Column 2: 1-Climate change; 2-UV radiations; 3- Infertility; 4- Water habitat destruction; 5- Photo-oxidants emissions; 6- Biodiversity changes; 7- Primary non renewable energy; 8- Other energy no renewable neither primary; 9- Depletion potable water; 11- No hazardous waste generation; 16- Health and wellbeing of users; 19- Economical risk and LCA cost.)

In the field of energy results and its economical maintenance costs, the E-Quest model shows the comparison versus baseline building, the building excluded the generation system (LUCIA v/o CHP) and the final building with the generation power system. The Fig.8 shows the-final results about energy and CO₂ of LUCIA building according E-QUEST. The building opts to LEED-PLATINUM.

Conclusions

The building will be "zero emission", and will provide the springboard for research into social aspects of building sustainability. It will constitute a prototype on which to test hypotheses that will provide the bases for environmental methods and assessment for buildings. It could be an example for NZEB ratios, specially the demand reached of 81,82 kWh per m² year for tertiary sector buildings. The maintenance cost of 4.30 €/m² (including no equipment) is highly reduced compared to a baseline building, that is economically affordable.

The building proves that achieving energy independence is possible, and shows how to improve the use of surplus material in the region, such as forest wood, which can also lead to the creation of new jobs. We believe that the systems and strategies used can be replicated when constructing tertiary-sector buildings aiming to be energetically self-sufficient, and also for NZEB. The bio-climate design and passive strategies are replicable in any type of building, even in those subject to rehabilitation. Something similar occurs with integrated photovoltaic systems or Geothermics. The results of this example will be spread to other new University buildings and the use of bio-energy in central-heating systems in existing ones in the Campus.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY:

VALBUENA, F. GONZÁLEZ, M.J. (2012) Edificio de energía CERO: comenzando por la arquitectura. Caso práctico del edificio LUCIA de la Universidad de Valladolid. Congreso Conama 12. www.conama11.vsf.es/conama10/download/files . Madrid, España, 2012.

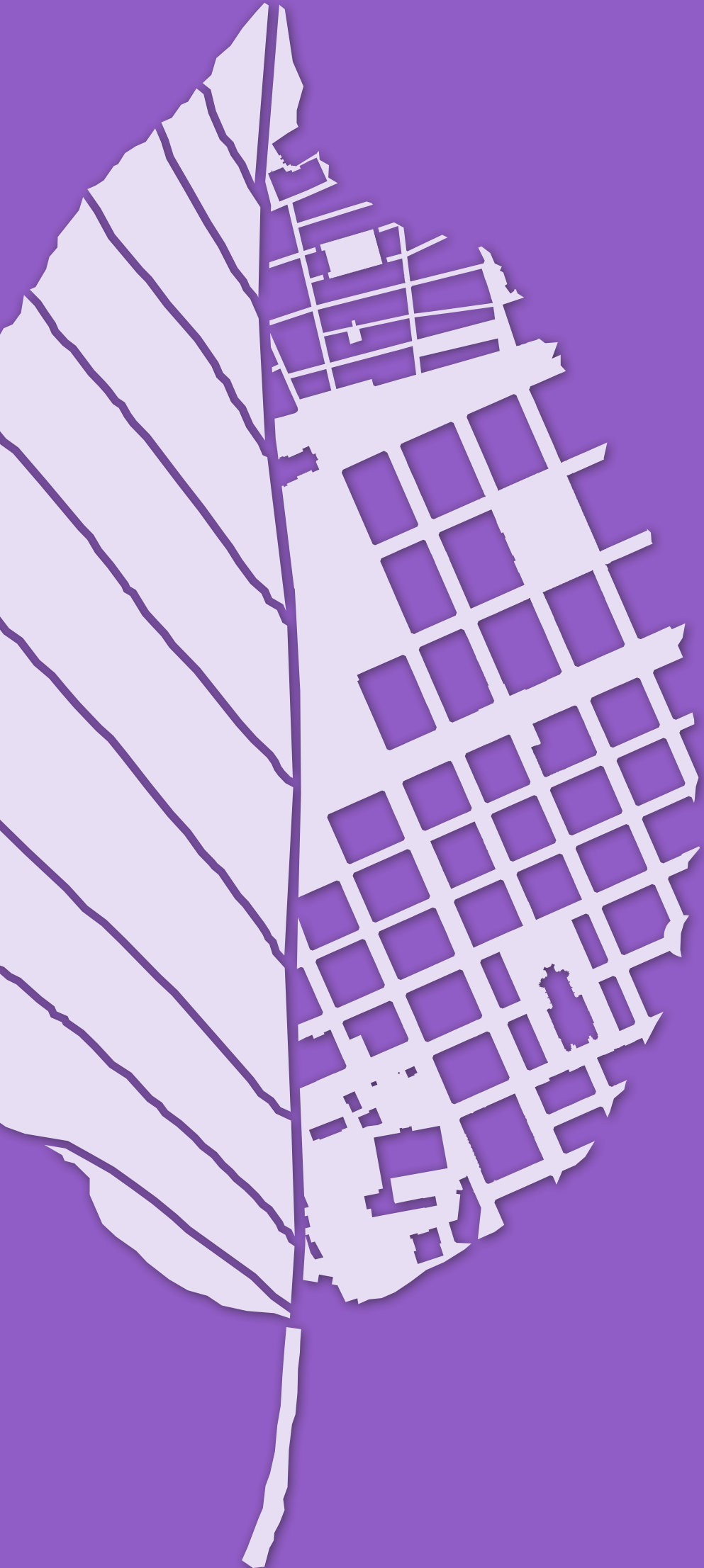
VALBUENA, F. HORRILLO, A. Sistema de cogeneración con astilla de biomasa instalado en el edificio LUCIA de la Universidad de Valladolid. Rev. El Instalador, ISSN 0210-4091, p 42-48. España, 2013.

TORRE DE COMARES ARQUITECTOS sl. Evaluación VERDE del edificio LUCIA- Final de obra. . Mayo 2014. Valladolid, España 2014.

VEGA INGENIERÍA. Modelización energética del edificio LUCIA. Noviembre. España, 2013.

VALBUENA, F. GONZÁLEZ, M.J. -The complete eco-design as the first strategy to reach the zero CO2 building in Spain: The Lucia Building Case. Energy for Sustainability 2013- Sustainable cities. designing for people and the planet- September 8-10. Coimbra, Portugal. 2013.

ESTUDIO PICH-AGUILERA. Análisis del comportamiento del muro de doble piel fotovoltaica en el edificio LUCIA. Barcelona, España, 2012.



posters

S.U.T. herramienta informática libre para análisis, visualización y evaluación de sostenibilidad global (medioambiental, económica y social)

S.U.T. Freeware tool for analysis, visualization and evaluation of global sustainability (environmental, economic and social)

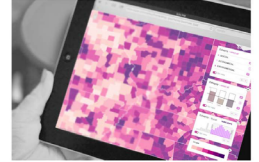
Ignacio Ciganda Urdiain¹, Sebastián Zapata Syro²

La ciudad y el urbanismo sostenible

S.U.T.: HERRAMIENTA INFORMÁTICA LIBRE PARA ANÁLISIS, VISUALIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD GLOBAL

Ñaki Ciganda (ES), Sebastian Zapata (CO), Adrián Cuadros (BOL) Six Degrees Studio / www.6dstudio.es / info@6dstudio.es / +34620430902

El proyecto S.U.T. (*Sustainable Urban Tools*) busca la creación de una plataforma que unifique conocimiento multidisciplinar en sostenibilidad (social, económica y medioambiental) y mapas para generar herramientas útiles en intervenciones urbanas.



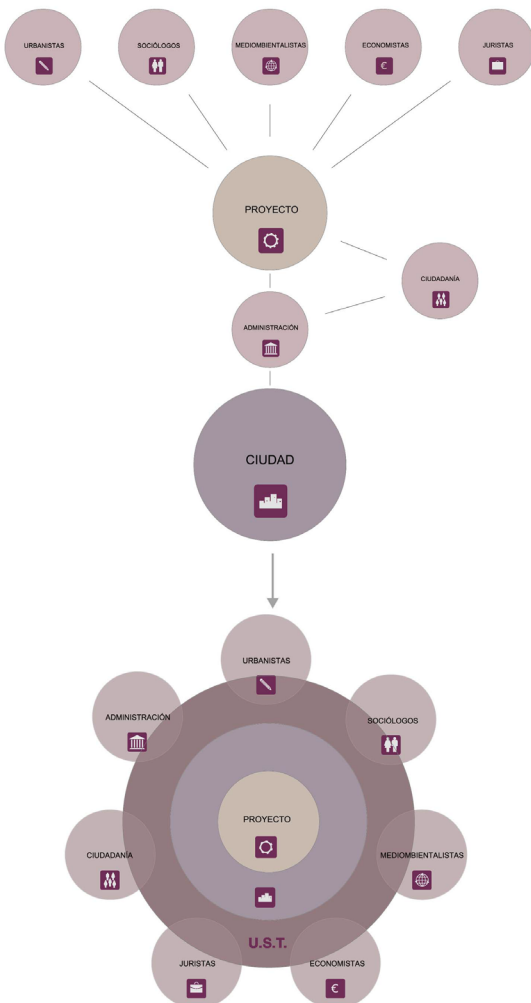
ESTADO DEL ARTE:

Existen herramientas de cálculo y estudio de demandas energéticas, bases de datos sociales, económicas y medioambientales, sistemas de Información geográfica, indicadores y check lists para la evaluación y certificación en sostenibilidad urbanística.

La interacción medioambiente-sociedad-economía sólo es posible mediante estudios individuales propios de disciplinas especializadas. El acceso al conocimiento disciplinar que manejan otros profesionales es un proceso muchas veces lento y complejo.

Vivimos un momento apasionante esperanzador en donde la información y las nuevas tecnologías juegan un papel fundamental en el desarrollo de las ciudades.

Por otra parte el buen uso de esta información vendrá determinado por la capacidad de superar las brechas tecnológicas y las trabas al acceso de este nuevo conocimiento por lo que se hace necesario la existencia de espacios y herramientas que aglutine y automatice toda la información existente y nueva generada por TICs para su procesamiento y manejo.



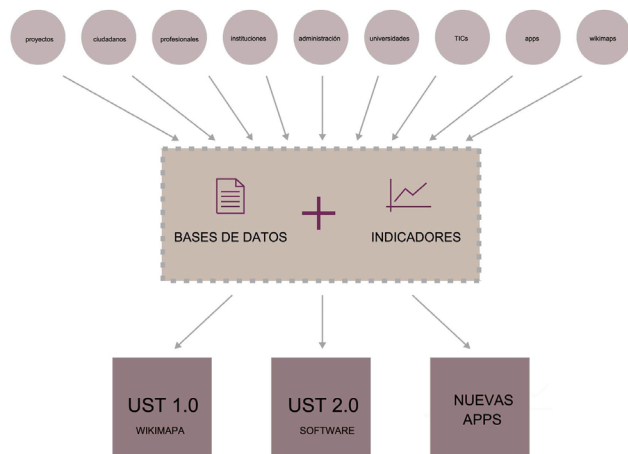
S.U.T. (Sustainable Urban Tools)

Esta herramienta plantea unificar bases de datos, la aplicación de estos datos con indicadores cualitativos y cuantitativos y generar una plataforma tecnológica para la visualización y análisis de los resultados. Una plataforma en donde todos los actores involucrados en la ciudad volcar en necesidades, información y conocimiento.

Permitiría dotar a profesionales de la energía, consultoras, urbanistas, sociólogos, economistas y administraciones de un medio consensuado sobre el que volcar y unificar información y conocimiento para analizar y cuantificar el impacto de sus intervenciones más allá de su propia disciplina.

El planteamiento general es generar una wikiherramienta con bases de datos geo-referenciadas y una plataforma de conocimiento global en forma de software libre para generar posteriores aplicaciones individuales como complemento a esta herramienta.

A modo de ejemplo una aplicación paralela unida a bases de datos climáticas podría ligar clima extremos/urbanismo/construcción para generar modelos constructivos y urbanísticos resilientes.



UST 1.0

Pre-visualización cuantificada de la sostenibilidad a nivel social, económico y medioambiental.

Wiki-mapa de sostenibilidad global.

Realización pequeños cambios básicos dentro de una trama tridimensional en cuanto a morfología, calificación y cualificación.

Reevaluación y proposición de medidas correctoras.

Información y participación ciudadana

UST 2.0

Herramienta para uso profesional.

Acceso a bases de datos geo-referenciadas específicas descargables

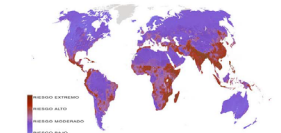
Aplicación de indicadores cualitativos y cuantitativos complejos dentro de una trama más compacta.

Medio de evaluación simplificado o específico.

Esta herramienta podría ser la base para generar un sistema de certificación sostenible

NUEVAS APPS:

Creación de modelos urbanísticos resilientes ante situaciones de riesgo climático.



IMPACTO:

Diagnóstico fiable de la situación socio-económica de un emplazamiento. y la conveniencia y alcance de las medidas económicas, sociales y medioambientales a aplicar.

Fomento la adecuación de medios a realidades socio-económicas, la anticipación y la promoción económica, mejora del bienestar social, un gasto público sostenible, la diversidad social, la atención a la vulnerabilidad del emplazamiento, la habitabilidad y el confort, etc.

Generar herramientas para la participación ciudadana y gobernanza tras parente.

Abrir nuevas vías de investigación sostenibles, etc.

Categorización de Edificios en Altura con Potencial Impacto en Ahorro Energético

Categorization of High Rise Buildings with Highest Impact on the Energy Conservation Potential

José M. Maseda^{1,2}

Sustainable Architecture and Energy Efficiency

Categorization of High Rise Buildings with Highest Impact on the Energy Conservation Potential

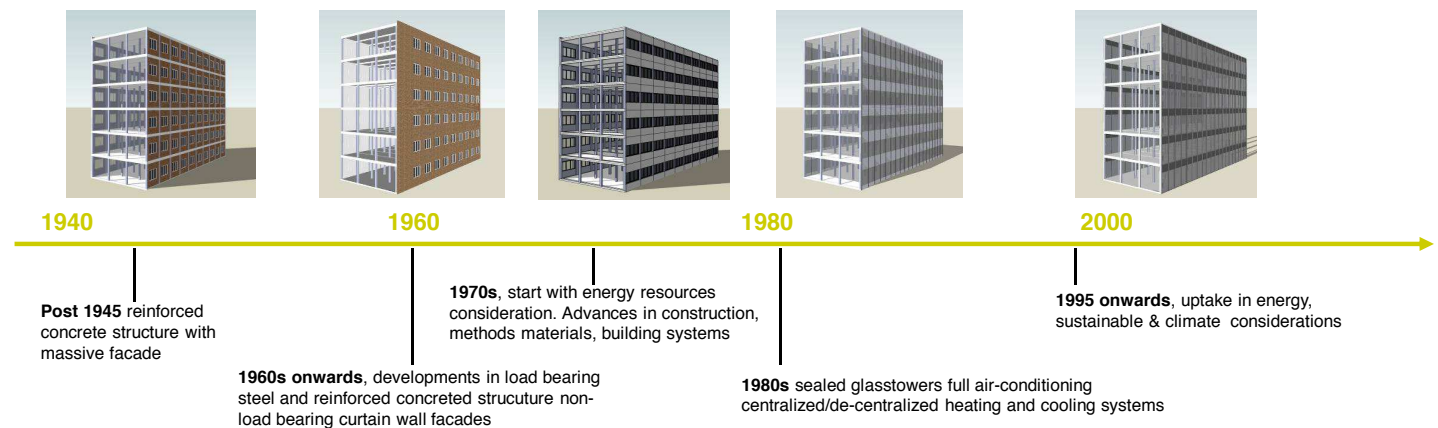
La utilización de energías renovables en el sector de la construcción se basa en gran medida en la utilización de colectores solares y sistemas fotovoltaicos instalados en las cubiertas de los edificios. Por otra parte, los edificios en altura cuentan con una superficie de cubierta pequeña en relación a la superficie total de la fachada por lo que, en términos de producción de energía, resulta conveniente utilizar también la fachada para integrar sistemas de generación.

El proyecto "Cost-Effective. Resource and Cost-effective integration of renewables in existing high-rise buildings" surge con el objetivo de desarrollar conceptos y componentes que permitan convertir las fachadas de edificios en altura en elementos generadores de energía que tengan un efecto sustancial en el ahorro de energía en la UE con la consiguiente reducción de la producción de CO₂.

Una actividad fundamental para valorar el potencial de este tipo de soluciones es la identificación de las tipologías de edificios existentes que tienen mayor impacto en relación al consumo de energía. En una segunda fase se categorizan los tipos de edificios respecto a la viabilidad de aplicación de las soluciones técnicas desarrolladas en el proyecto, para lo que se plantean criterios asociados al consumo de energía, confort interior y satisfacción del usuario. Se han identificado las siguientes categorías de edificios en altura en los que son susceptibles de aplicación de los resultados del proyecto:

- Edificios de posguerra con estructura de hormigón y fachada masiva.
- Construcción en hormigón armado con fachada perforada tipo panel.
- Construcción aporticada con hormigón prefabricado.
- Construcción aporticada con fachada de muro cortina.

A partir de esta clasificación y de los componentes técnicos desarrollados en el proyecto, se definen conceptos que asocian tipologías de edificios con las soluciones más adecuadas, identificando también las áreas geográficas con mayor aplicación.



The area of the roof in high rise buildings does not suffice for renewable energy sources to contribute substantially to the total energy demand of the building. Hence it is necessary to use the façade, in addition to the roof, for energy conversion.

Four building categories of high rise buildings in Europe have been identified to have the highest impact on energy consumption in Europe by the integration of renewables. Energy efficient technical solutions have been developed to be integrated in facades of buildings in each category. The building categories have been ranked considering: The volume of the market, the effect on the energy conservation potential of the EU and the associated CO₂ mitigation.

Rank 1: 1975-1990 Skeleton construction with precast concrete

The first ranked category is that of buildings with skeleton construction of precast concrete, built between 1975-1990. The main problem in these buildings is a poorly insulated building skin, resulting in high heating demands for space heating and poor indoor environment. Reduced thermal mass from suspended ceilings increases the risk of overheating. Limited control of occupants over their environment (varying indoor temperature, non-openable windows) adds to low user satisfaction.

Rank 3: 1960-1980 Reinforced concrete with perforated façade

The third ranked category is represented by buildings with a reinforced concrete perforated façade, built between 1960-1980. The heating demand prevails. Also electricity for lighting since large percentage of façade is opaque and consequently artificial lighting is used. The indoor comfort is poor with draught, cold surfaces of walls and insufficient ventilation. Most of these buildings are not air-conditioned. Risk of overheating is low due to high thermal mass inertia of materials (exception is in Southern Europe). User satisfaction is low as they have no or very little control over their environment in terms of room temperature, ventilation and lighting.

Acknowledgements

The research leading to these results in Cost-effective project 'Resource- and Cost-effective integration of renewables in existing high-rise buildings' has received funding from the European Union Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n° 212206. The author wishes to thank the partners for the useful discussions.

Rank 2: 1945-1960 Postwar, massive facade in reinforced concrete structure

The second ranked category is that of post-war buildings (1945-1960) with a massive façade in a reinforced concrete structure. Energy demand for space heating is also high but risk of overheating is generally lower (exception in Southern Europe) due to high thermal mass and because of smaller, openable windows. Indoor environment quality generally is low from draughts, internal condensation etc. Renovation of these buildings is more difficult because of deterioration of the construction.

Rank 4: 1975-1995 Skeleton construction with curtain-wall façade

The fourth ranked category is represented with building in skeleton construction with curtain-wall façade, built 1975-1995. Space heating is still considerable, however cooling demand is prevailing. Large glazed areas on façade, non adequately sun protected, fixed windows and medium to light thermal mass are contributing factors. Advantage for renovations is that it is easy to change completely the facade and HVAC system and install new components. The indoor comfort is not good. Problems include thermal discomfort, glare, insufficient flow rate ventilation, poor humidity control and draught. Users have very little or no control as BMS is centralized.

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea