

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN EFICIENCIA  
ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN INDUSTRIA, TRANSPORTE,  
EDIFICACIÓN Y URBANISMO**

# **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

***POTENCIAL DE LAS CUBIERTAS EXISTENTES  
PARA CAPTACIÓN DE ENERGÍA Y ESPACIOS  
COMUNITARIOS. CASO DE ESTUDIO: DONOSTIA -  
SAN SEBASTIÁN***

**Estudiante** *Berquices Herrero, Alazne*

**Directora** *Grijalba Aseguinolaza, Olatz*

**Codirector** *Oregi Isasi, Xabat*

**Departamento** *Departamento de Arquitectura*

**Curso académico** *2020/2021*

*Bilbao, 25 de junio de 2021*

## **I. RESUMEN**

El objetivo de este Trabajo de Fin de Master es analizar y evaluar el potencial de las cubiertas de los edificios existentes para captación de energía y usos comunitarios. Las cubiertas representan una gran parte de la superficie construida de las ciudades, por lo que se presentan como lugares que brindan la oportunidad de recuperar el espacio de suelo perdido al construir el edificio y convertirlos en áreas productivas.

Inicialmente se ha realizado un amplio análisis de la literatura existente en torno al uso de las cubiertas para usos de captación de energía y usos comunitarios, para posteriormente analizarla en base a un criterio unificado. Con esta información se ha desarrollado una herramienta de cálculo que determina la idoneidad de la cubierta para cada uso en función de diferentes parámetros: inclinación de la cubierta, tipología del edificio, orientación de la cubierta y presencia de edificios circundantes. Por último, se ha extrapolado la información a un caso de estudio en la ciudad de Donostia-San Sebastián (Gipuzkoa) y se plantea una propuesta de transformación de los espacios.

**Palabras clave:** edificio; cubierta; energía; espacios comunitarios; resiliencia

## **II. LABURPENA**

Master Amaierako Lan honen helburua eraikinen estalkiek energia jasotzeko eta erabilera komunitarioetarako daukaten potentziala ikertzea da. Estalkiek hirien eraikitako azaleraren zati handi bat suposatzen dute, eta horregatik eraikina eraikitzerakoan galdutako zoru-espazioa berreskuratzeko eta ekoizpen gune bihurtzeko aukera ematen duten leku gisa aurkezten dira.

Lehenik eta behin, energia jasotzeko eta erabilera komunitarioetarako estalkien erabilerari buruz dagoen literaturaren azterketa zabala egin da, ondoren irizpide bateratu batean oinarrituta aztertuta izateko. Informazio honekin kalkulu tresna bat garatu da, estalkiaren erabilera bakoitzerako egokitasuna zehazten duena parametro desberdinetan oinarrituta: estalkiaren malda, eraikin tipologia, estalkiaren orientazioa eta inguruko eraikinen presentzia. Azkenik, informazioa ikerketa kasu batera, Donostiako hirira (Gipuzkoa) hain zuzen ere, estrapolatu da, eta espazioak eraldatzeko proposamena aurkezten da.

**Hitz gakoak:** eraikin; estalki; energia; espazio komunitarioak; erresilientzia

### **III. ABSTRACT**

The objective of this Master's Degree Final Project is to analyse and evaluate the potential of the roofs of existing buildings for energy capture and community uses. Roofs represent a large part of the built surface of cities, so they are presented as places that provide the opportunity to recover the land-space lost when building the building and convert them into productive areas.

Initially, an extensive analysis of the existing literature on the use of roofs for energy capture and community uses has been carried out and then analysed on the basis of a unified criterion. With this information, a calculation tool has been developed to determine the suitability of the roofs for each use based on the following parameters: slope of the roof, typology of the building, orientation of the roof and presence of surrounding buildings. Finally, the information has been extrapolated to a case study in the city of Donostia-San Sebastián (Gipuzkoa) and a design for the transformation of the spaces is proposed.

**Key words:** building; rooftop; energy; communal areas; resilience

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero dar las gracias a mi directora y codirector del proyecto, Olatz Grijalba Aseguinolaza y Xabat Oregi Isasi, por su disponibilidad, sus consejos, aportaciones y dedicación.

También quiero agradecer al grupo de investigación CAVIAR, Calidad de Vida en Arquitectura (UPV/EHU), por su inicial invitación a colaborar en el proyecto *Método para evaluar la prioridad de las intervenciones de rehabilitación en función del riesgo para la salud asociado a la vivienda* y posterior disposición a ayudarme ofreciendo acceso a la información del trabajo que han desarrollado.

Por último, mi más sincero agradecimiento a familiares y amistades por el apoyo, paciencia y comprensión.

## ÍNDICE

I. RESUMEN .....	2
II. LABURPENA .....	2
III. ABSTRACT .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	8
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO .....	14
3. BENEFICIOS DEL PROYECTO .....	15
3.1. Beneficios técnicos .....	15
3.2. Beneficios económicos.....	15
3.3. Beneficios sociales .....	16
4. ESTADO DEL ARTE.....	17
4.1. La cubierta.....	17
4.2. Usos de la cubierta.....	18
4.2.1. Solar fotovoltaica .....	18
4.2.2 Cubierta verde .....	20
4.2.3. Cubierta verde fotovoltaica .....	22
4.2.4. Energía eólica.....	23
4.2.5. Huertos urbanos.....	24
5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	26
5.1. Descripción de tareas .....	26
5.2. Metodología empleada para la revisión .....	26
5.3. Herramienta de cálculo.....	28
5.4. Caso de estudio. Descripción del área .....	29

6. RESULTADOS.....	33
6.1. Estudio de alternativas.....	33
6.1.1. Análisis según los edificios.....	34
6.1.2. Análisis según la tecnología.....	39
6.2. Aplicación al caso de estudio .....	45
7. PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN .....	54
7.1. Lorea.....	54
7.2. Benta Berri .....	56
8. CONCLUSIONES .....	58
9. INVESTIGACIONES FUTURAS .....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXO I. CARACTERIZACIÓN DE LAS CUBIERTAS.....	82
ANEXO II. ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO.....	102

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Datos de entrada. ....	28
Tabla 2. Código de colores.....	28
Tabla 3. Resultado de la herramienta. Ejemplo para una cubierta de leve inclinación con orientación sur de un edificio residencial sin edificios circundantes de mayor elevación. .....	28
Tabla 4. Tabla resumen de los resultados del estudio.....	53

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ciudad de Donostia-San Sebastián. ....	29
Ilustración 2. Cubiertas seleccionadas para el estudio. ....	29
Ilustración 3. Barrio de Lorea (Antiguo). ....	30
Ilustración 4. Plano característico de la cubierta de la torre de Lorea. ....	30
Ilustración 5. Detalle de los patios de Lorea. ....	31
Ilustración 6. Barrio de Benta Berri. ....	31
Ilustración 7. Clasificación de las cubiertas en función de la superficie y la tipología...	32
Ilustración 8. Viabilidad de la instalación de generación solar fotovoltaica. ....	47
Ilustración 9. Viabilidad de la instalación de cubierta verde. ....	49
Ilustración 10. Viabilidad de la instalación de cubierta verde fotovoltaica. ....	50
Ilustración 11. Viabilidad de la instalación de generación eólica. ....	51
Ilustración 12. Viabilidad de la instalación de huerto urbano. ....	52
Ilustración 13. Propuesta de transformación de Lorea. Vista en planta. ....	55
Ilustración 14. Propuesta de transformación de Lorea. Detalle de los bloques. ....	55
Ilustración 15. Propuesta de transformación de Lorea. Detalle de la torre. ....	55
Ilustración 16. Propuesta de transformación de Lorea. Detalle del patio. ....	56
Ilustración 17. Propuesta de transformación de Benta Berri. Vista en planta. ....	57
Ilustración 18. Propuesta de transformación de Benta Berri. Detalle de los bloques. ....	57
Ilustración 19. Propuesta de transformación de Benta Berri. Detalle de los bloques. ....	57

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Relación de casos analizados según la alternativa. ....	33
Gráfica 2. Relación de casos analizados con clasificación climática Cfb.....	34
Gráfica 3. Superficie de la cubierta según la alternativa. ....	35
Gráfica 4. Tipología de cubierta según la alternativa.....	36
Gráfica 5. Tipología de edificio según la alternativa. ....	37
Gráfica 6. Relación de la tipología de cubierta con la tipología de edificio.....	38
Gráfica 7. Aplicaciones de solar fotovoltaica en función de la tipología y superficie de la cubierta.....	40
Gráfica 8. Aplicaciones de solar fotovoltaica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta. ....	40
Gráfica 9. Aplicaciones de cubierta verde en función de la tipología y superficie de la cubierta.....	41
Gráfica 10. Aplicaciones de cubierta verde en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta. ....	41
Gráfica 11. Aplicaciones de cubierta verde fotovoltaica en función de la tipología y superficie de la cubierta.....	42
Gráfica 12. Aplicaciones de cubierta verde fotovoltaica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta.....	43
Gráfica 13. Aplicaciones de eólica en función de la tipología y superficie de la cubierta. ....	43
Gráfica 14. Aplicaciones de eólica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta.....	44
Gráfica 15. Aplicaciones de huertos urbanos en función de la tipología y superficie de la cubierta.....	44
Gráfica 16. Aplicaciones de huertos urbanos en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta. ....	45

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las ciudades albergan más de la mitad de la población mundial (1), consumen entre el 60 y 80% del total de la energía primaria y generan el 70% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, principalmente derivadas del consumo de los combustibles fósiles para el suministro energético, transporte y producción de alimentos (2). Se estima que la población mundial se duplicará en 2050 (3) (4), lo cual implicará una gran demanda de recursos.

En las últimas décadas, se ha constatado que gran parte de la población dedica la mayoría del tiempo no laboral a permanecer en el entorno de sus viviendas (5). Esta situación se ha generalizado debido a la pandemia causada por la enfermedad Covid-19, aumentando el tiempo que las personas han tenido que permanecer en sus casas. El confinamiento que se impuso llegó a afectar a una parte de la población tanto física como psicológicamente debido a numerosas variables (cambios de rutina, ruidos en el entorno cercano, tipo de vivienda, falta de relaciones sociales, etc.), debiendo reorganizar su vida personal y familiar en un espacio limitado.

El rápido crecimiento de la población da lugar a la obligada urbanización de las ciudades para su asentamiento, a la creación de numerosos recursos sociales y sanitarios, y a un imprescindible desarrollo económico que genere riqueza. Además, en los próximos años, el incremento poblacional derivará en el aumento de la demanda de alimentos y energía en un 30 y 50% respectivamente (6). Estos factores conllevan la sobreexplotación de los recursos naturales, la inseguridad energética, el calentamiento global y el cambio climático (7).

Para poder abordar los retos futuros, tanto demográficos como climáticos, es fundamental que las ciudades, particularmente sus edificaciones y viviendas, se adecuen a los fenómenos energéticos y sociales para impulsar comunidades resistentes y cohesionadas que salvaguarden la calidad de vida de las personas (3) (4). Además, es necesario fomentar una conciencia en la ciudadanía y en los responsables políticos con el fin de perseguir el objetivo de desarrollar ciudades sostenibles, resilientes y energéticamente eficientes.

Las actividades realizadas en las ciudades impulsan la economía global, pero también son grandes emisores de gases de efecto invernadero. Se debe trabajar por reducir al máximo estas emisiones mediante, por ejemplo, la transición a sistemas de bajo consumo de carbono (8). En el borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 se establecen los objetivos para reducir las emisiones brutas de gases de

efecto invernadero en un 90% con respecto a 1990 y, así, conseguir un país neutro en emisiones de carbono en 2050 (9).

El mundo está experimentando grandes desafíos ambientales y energéticos como consecuencia de los gases de efecto invernadero y del cambio climático (7). De seguir con el modelo energético actual, la temperatura ambiental subirá 1,5°C de media entre los años 2030 y 2052 (10). Así mismo, la demanda de energía aumenta constantemente según las necesidades (11), y el 75% de esta se abastece mediante combustibles fósiles como el petróleo, el gas o el carbón (12).

El cambio climático y el calentamiento global amenazan con causar un aumento del nivel del mar, desórdenes estacionales de lluvias y desastres naturales, trasvases poblacionales y emergencias sanitarias (7). Situaciones que, en última instancia, requerirán una gran demanda de energía para darles respuesta.

Los gases de efecto invernadero son uno de los principales causantes del calentamiento global, y el sector de la construcción figura como uno de los mayores consumidores de energía y emisores de dichos gases a nivel mundial (13) (14) (15).

Para alcanzar un futuro “viable, saludable y ambientalmente racional” se necesita una revolución industrial basada en el desarrollo de los recursos energéticos sostenibles, accesibles y asequibles (16). A pesar de que predomina la generación de energía a partir de combustibles fósiles, las energías renovables empiezan a plantearse como la alternativa predominante de cara a futuro (12) (16).

El desarrollo de las energías renovables es una realidad y una apuesta de futuro, y están siendo incluidas en los planes de un nuevo modelo de estructura de producción económica y generación energética. Dicho modelo se orienta hacia un sistema económico sostenible que sea más respetuoso con el medioambiente, que utilice fuentes de energía limpias y que además incluya un sistema de producción más eficiente y cualificado que el actual. Para ello, los objetivos de crecimiento y las inversiones previstas en el sector de las energías renovables son significativos. Los apoyos institucionales, por vía normativa y crediticia, deben permitir su desarrollo e implantación en todo el territorio nacional (17).

La utilización de generadores de energías renovables en los entornos urbanos brinda una alternativa de gran importancia en términos de energía sostenible, ya sea como fórmula para hacer frente al aumento de la demanda energética de las ciudades como para la reducción de las emisiones de gases contaminantes (16). Con un desarrollo tecnológico adecuado, la generación de energía se volverá más eficiente, accesible y sostenible. No

obstante, la implantación de dichas energías en los entornos urbanos se ve dificultada, por un lado, debido a la diferencia entre la oferta y la demanda y a su integración en la red existente, y, por otro, a los obstáculos arquitectónicos presentes en los edificios.

Para lidiar con las dificultades en la integración a la red eléctrica actual y el crecimiento de la demanda energética, se trabaja en desarrollar la generación de energía distribuida. Esta consiste en adoptar tecnologías que posibiliten la producción de energía en el lugar de consumo de una manera más eficiente y sostenible, reduciendo el consumo de energía y utilizando la energía de manera más eficiente. Es una solución que permite optimizar el uso de la energía y el desarrollo sostenible, tanto a nivel social como económico. Así, se evitan las grandes centrales de generación y se posibilita adecuar la generación a las necesidades particulares de las personas usuarias y de los edificios a abastecer, ya sean comerciales, industriales, hospitalarios o residenciales (18) (19).

En unas ciudades en las que la mayor parte del suelo está ocupado y están repletas de infraestructura gris, las cubiertas de los edificios aparecen como espacios en los que se pueden realizar cambios de cara a mejorar la vida de las ciudades. Las cubiertas son grandes áreas urbanas que generalmente se encuentran infrautilizadas y que podrían transformarse en espacios urbanos productivos (8) (20) (21). Son elementos constructivos que podrían utilizarse para diferentes usos, tales como instalaciones de generación de energía, espacios de conexión con lo natural, o servir como elementos generadores de lazos de identidad colectiva (22) (23).

Llegado este punto, se considera interesante realizar un estudio sobre las posibilidades que ofrecen las cubiertas para integrar soluciones que ayuden a mejorar la situación en la que se encuentran las ciudades. Para ello, se ha llevado a cabo una revisión de la literatura existente sobre diferentes casos en los que las cubiertas se han destinado a usos de captación de energía o espacios comunitarios. Los usos escogidos han sido: captación de energía solar fotovoltaica, cubierta verde, cubierta verde fotovoltaica, generación de energía mediante el recurso eólico y huertos urbanos.

Una vez realizado este estudio, con el fin de evaluar el potencial de las cubiertas de los edificios existentes, se ha extrapolado el análisis teórico a un caso práctico. Se ha escogido como caso de estudio una serie de viviendas ubicadas en la ciudad de Donostia-San Sebastián, y se ha propuesto una metodología para definir el potencial que tienen las cubiertas de los edificios evaluados.

En primer lugar, se han analizado los beneficios técnicos, económicos y sociales que supone la implantación de las alternativas escogidas tanto para la ciudad como para sus

habitantes. Además, se ha tratado la evolución del uso de la cubierta a lo largo de la historia y se ha profundizado en las características de cada tecnología escogida.

Para poder desarrollar un análisis exhaustivo se ha establecido una metodología específica. Una vez identificados los objetivos del proyecto y analizada la literatura existente, se escogen los parámetros clave para determinar la idoneidad de las cubiertas para cada aplicación.

Con la información recogida, se desarrolla la herramienta de cálculo que permitirá determinar el potencial de cada cubierta para cada tecnología escogida. Utilizando esta herramienta, se obtendrá el potencial de las cubiertas seleccionadas y caracterizadas como caso de estudio, y posteriormente se mostrará una propuesta de transformación de dichas cubiertas.

## **2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO**

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Master es identificar la potencialidad e idoneidad de las cubiertas de los edificios existentes para su reutilización.

Con ello, lo que se pretende es determinar las posibles actuaciones e instalaciones que se pueden llevar a cabo en las cubiertas de los edificios existentes con el fin de obtener un beneficio energético y/o social.

Como ejemplo de ello, se buscan soluciones para poder generar espacios donde poder salir de la vivienda, pero sin salir completamente del edificio.

Además, se quiere reflexionar acerca de la cantidad de cubiertas en desuso que hay en las ciudades y el espacio infrautilizado que suponen dentro del área urbana.

El proyecto se ha centrado en ciertas cubiertas concretas de la ciudad de Donostia-San Sebastián. El desarrollo se basa en la investigación y estudio de la idoneidad de las cubiertas seleccionadas para las diferentes alternativas propuestas.

Con este estudio se quieren establecer las posibilidades que ofrecen las cubiertas de dicha ciudad para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, así como estudiar las oportunidades que dichos espacios ofrecen en torno a la transición energética de las áreas urbanas.

Por último, se busca generar una herramienta que posibilite determinar la viabilidad de cada cubierta, en función de diferentes variables, para cada aplicación estudiada.

### **3. BENEFICIOS DEL PROYECTO**

Este proyecto se basa en una revisión de diferentes artículos, por lo cual en este apartado se van a mencionar los beneficios de las estrategias que se han analizado a lo largo de dicha revisión.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de este trabajo es estudiar los beneficios energéticos y/o sociales que pueden ofrecer las cubiertas. Así mismo, la búsqueda de estos beneficios concretos implica también otros más generales.

Los beneficios generales aportados por las estrategias especificadas en este trabajo se pueden desglosar en las siguientes categorías: beneficios técnicos, beneficios económicos y beneficios sociales.

#### **3.1. Beneficios técnicos**

En cuanto a los beneficios técnicos, se manifiestan principalmente en las alternativas relacionadas con la captación de energía.

El principal beneficio reside en tener la generación de energía próxima a los puntos de consumo. El hecho de tener la generación de energía en la propia cubierta del edificio los convierte en sistemas eficientes, mayormente por la reducción de las pérdidas por distribución. Además, la generación se puede adecuar a las necesidades de las personas usuarias. Así, los edificios pasan de ser únicamente consumidores de energía a ser productores y consumidores.

De esta manera también se incrementa la seguridad energética, ya que permite minimizar la dependencia de las zonas urbanas de los combustibles fósiles.

Con el aumento de la población y por consiguiente el aumento de la demanda de recursos, en el caso que nos ocupa de alimentos y energía, es necesario realizar un cambio en las ciudades para poder adaptarlas a las situaciones venideras.

Para abordar estos cambios es imprescindible apostar por un desarrollo tecnológico.

#### **3.2. Beneficios económicos**

Los beneficios económicos se dan tanto en las alternativas relacionadas con la captación de energía como en las de espacios comunitarios.

En lo que a generación y consumo de energía concierne, es posible obtener un beneficio de la energía generada en el ámbito doméstico. El ejemplo más conocido es el de la energía solar fotovoltaica. El precio del kWh en el mercado regulado varía entre 0,10 y 0,24 €/kWh, con un valor medio de 0,16 €/kWh. La retribución de la actividad de

producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones ubicadas en cubiertas de edificios y que estén dedicadas a usos residencial, de servicios, comercial o industrial varía entre 0,32 y 0,34 €/kWh en función de la potencia instalada (24). Por lo tanto, teniendo en cuenta únicamente los valores unitarios y dejando de lado la inversión inicial, es posible obtener una rentabilidad con la generación doméstica.

Las cubiertas verdes en los edificios permiten una reducción en las facturas de energía ya que posibilitan una regulación de la temperatura y mejor gestión de la energía consumida. Además, aportan ganancias económicas tanto del propio inmueble como de los del entorno debido al aumento del valor de la propiedad.

Los huertos urbanos proporcionan un pequeño ahorro económico al poder consumir alimentos sin la necesidad de comprarlos. Así, se da respuesta al abastecimiento alimentario a pequeña escala para reducir la vulnerabilidad urbana.

### **3.3. Beneficios sociales**

En lo referente a los beneficios sociales, principalmente se desarrollan en las alternativas relacionadas con los usos comunitarios de las cubiertas.

Con la puesta en marcha de los huertos urbanos, se consigue una considerable mejora del metabolismo urbano, así como un aumento de la resiliencia urbana. Los huertos urbanos aportan, además, beneficios educativos y ecológicos, e impulsan el urbanismo participativo.

El instalarlos en las azoteas de los edificios residenciales permite crear zonas significativas y útiles para la población, trabajando en una optimización del espacio. Además, permiten reducir las *food miles* (o millas de alimentos) y apostar por productos cultivados por cada habitante de la ciudad.

La posibilidad de instalar cubiertas verdes en los edificios proporciona beneficios que involucran a la población en general. Ejemplo de ello es la mejora de la salud autopercibida de las personas, cuestión que en la actualidad tiene gran importancia. Asimismo, son grandes mitigadores del efecto isla de calor de las ciudades y captadores de gases contaminantes, entre otros. Esto permite reducir la huella de carbono de las ciudades y mitigar los impactos del cambio climático en ellas.

## **4. ESTADO DEL ARTE**

### **4.1. La cubierta**

El diccionario visual de la arquitectura denomina cubierta a aquella “construcción que cierra exteriormente un edificio por arriba” (25). La RAE define este elemento constructivo como la “parte exterior de la techumbre de un edificio” (26). Por lo tanto, se puede decir que es un elemento constructivo cuya función principal es proteger la parte superior de los edificios.

A lo largo de la historia de la arquitectura, la función ejercida por la cubierta ha ido variando. Ha dejado de verse únicamente como una envolvente del edificio y ha ido integrando diferentes estrategias o soluciones constructivas.

Hay autores que señalan que, debido a la falta de espacio privado, la cubierta como espacio de uso empezó a tomar una mayor importancia en las sociedades preindustriales (27) (28). Aquellas cubiertas que despertaban un mayor interés fueron las planas, ya que en ellas se podían desarrollar un mayor número de actividades. Con el tiempo, la cubierta plana característica de los climas secos o de escasa lluvia dejó de ser un recurso localizado a ser un símbolo arquitectónico a nivel internacional.

En el siglo XX se incorporaron nuevos tipos de materiales y se instauraron otros modos de utilización para las cubiertas (jardines, zonas de ocio, zonas comunes...), por lo cual este elemento arquitectónico adquirió un protagonismo aún mayor (23). Además, con el aumento de los niveles de contaminación en las ciudades debido al desarrollo industrial se popularizaron las viviendas con terrazas y azoteas (28). Así, las cubiertas dejan de ser entendidas como un espacio sin visibilidad ni utilidad y pasan a ser proyectadas teniendo en cuenta su enorme potencial de riqueza espacial y de uso (29).

En las ciudades cada vez más saturadas de asfalto, las cubiertas de los edificios permiten integrar usos para satisfacer las necesidades de la ciudadanía, generando así una interrelación con el espacio interior próximo donde ambos se convierten en piezas complementarias de un gran espacio multifuncional. De esta forma se crea un espacio exterior de colectividad y convivencia anexo a la vivienda donde se puede hacer vida al aire libre. Este espacio presenta ciertas ventajas por ubicarse en altura, tales como privacidad, visibilidad del entorno o lejanía del tráfico y ruido urbano.

Las cubiertas ofrecen un amplio abanico de usos y posibilidades, y aparecen como espacios que deben utilizarse, pisarse y recuperar para el uso del espacio que el edificio ocupa en el terreno (30). La transformación de las cubiertas en espacios productivos se está convirtiendo en una práctica habitual en muchas ciudades del mundo (21).

Estos espacios ofrecen la posibilidad de crear zonas significativas y útiles para la población optimizando el espacio disponible, espacio que será aprovechable por los nuevos flujos que configuran la vida de la ciudad. Por ello, los planes de desarrollo urbano a futuro deben incorporar modos de aprovechamiento de las áreas infrautilizadas, tales como son las cubiertas.

El diseño funcional de las cubiertas ofrece una opción prometedora para permitir el uso del suelo urbano para brindar múltiples servicios ecosistémicos, como por ejemplo la producción de alimentos y suministro de energía mediante la instalación de paneles fotovoltaicos (31).

Se ha estudiado que la incorporación de usos pensados en la ciudadanía en las cubiertas o la transformación de estas áreas infrautilizadas en espacios productivos mejora el metabolismo urbano. Además, se han evaluado cada vez más las soluciones urbanas sostenibles que abordan por un lado el suministro de alimentos y por otro el suministro de energía (21).

#### **4.2. Usos de la cubierta**

Tal y como se ha planteado, se propone una revisión de diferentes alternativas en cuanto al aprovechamiento de las cubiertas ya existentes. Algunas van dirigidas a la captación de energía, cuestión que actualmente es necesaria a la hora de hablar de la transición energética y el papel que juegan las ciudades en ello. También se plantean alternativas con un enfoque más social, ya que las ciudades deben empezarse a diseñar pensando en el ciudadano de a pie y velando por su bienestar.

Estas son generación de energía mediante paneles solares fotovoltaicos, integración de cubiertas verdes, combinación de paneles solares fotovoltaicos y cubiertas verdes, generación de energía mediante pequeños aerogeneradores y la explotación de la agricultura en azoteas.

A continuación, se tratarán cada una de estas alternativas.

##### **4.2.1. Solar fotovoltaica**

La energía solar es un recurso infinito y limpio que se integra como solución para limitar el calentamiento global (32) (33). Entre sus ventajas se incluye también que no requiere de agua para su aprovechamiento, problemática que se da con otras fuentes como la energía nuclear o la biomasa (16) (34). El uso de energía solar fotovoltaica en los entornos urbanos se ha incrementado fuertemente en la última década (35) (36).

En el caso de España, la energía solar fotovoltaica representó en el año 2020 el 6,1% de del mix de generación (37) con una potencia total instalada de 8.928 MW, de los cuales 51 MW se encuentran en el País Vasco (38).

Los sistemas de energía solar fotovoltaica se han estimado como grandes potenciales para satisfacer las demandas energéticas en las áreas urbanas, y las cubiertas de los edificios se consideran la opción ideal para satisfacer estas demandas (7) (18) (39).

Al instalarse en estos espacios infrautilizados se reduce por un lado la dependencia del uso de los combustibles fósiles y por otro las pérdidas asociadas a la transmisión y distribución. Además, no requieren de terreno nuevo para su instalación (21) (35).

La eficiencia de los sistemas fotovoltaicos está sujeta a diversos factores, como por ejemplo la vida útil del sistema, los materiales utilizados, la temperatura ambiente y la inclinación y orientación del sistema.

Una de las principales limitaciones de la energía solar fotovoltaica es su baja eficiencia en comparación con otros sistemas de generación de energía renovable. La eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos con las tecnologías más avanzadas aún está por debajo del 30%. Los valores más comunes se encuentran entre 8 y 21% de eficiencia (40) (41) .

En cuanto al rendimiento de los módulos solares, y en relación a la inclinación de las cubiertas, se ha estudiado que se da un mayor calentamiento de los módulos en cubiertas inclinadas que en planas debido a los flujos de calor sensibles reducidos en la parte inferior de los mismos (32), y a mayor temperatura de los módulos menor será el rendimiento.

Hay estudios que señalan que las cubiertas inclinadas con un ángulo y orientación adecuados proporcionan la mayor recolección de energía (42), y esta cantidad será mayor cuando los ángulos de inclinación del módulo y la cubierta coinciden, de tal forma que las filas de módulos se superponen para evitar el sombreado mutuo (43). No obstante, otros autores defienden que las cubiertas planas son las que mayor potencial tienen ya que en ellas los paneles se pueden ajustar al ángulo correcto y la orientación más adecuada (44).

En España, la inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos varía entre los 20 y 40°. Cuanto más lejos del ecuador se encuentre la zona, menor será la inclinación, por lo que en el norte de la península la inclinación ideal será cercana a los 40° (41). En el caso de no poder lograrse esa inclinación, existen las posibilidades de añadir una estructura para la adaptación, colocar un mayor número de paneles o asumir las pérdidas que se puedan ocasionar.

Tal y como se ha comentado, otro factor clave a la hora de determinar el rendimiento de la instalación es su orientación. Al estar en el hemisferio norte, la orientación óptima será hacia el sur, y nunca hacia el norte. En cuanto a las otras dos orientaciones principales, este y oeste, éstas se determinan en función del momento de mayor consumo. Si éste se da por la mañana, la orientación ideal será hacia el este. Si por el contrario el máximo consumo se da por la tarde, la ideal será hacia el oeste (41).

En lo referente a la tipología de instalaciones aplicables al entorno urbano residencial, se distinguen dos tipos: instalaciones pequeñas y medianas. Las instalaciones pequeñas se dan, sobre todo, en áreas aisladas o en pequeños espacios en las cubiertas. La potencia instalada varía entre los 3 y 5 kWp. Las instalaciones medianas corresponden a aquellas cuyo rango de potencia varía entre los 5 y 100 kWp, y son aquellas que se instalan con más frecuencia en los grandes edificios residenciales. Estas instalaciones pueden estar tanto aisladas como conectadas a red, si bien en los entornos residenciales es más común esta segunda opción (41).

#### **4.2.2 Cubierta verde**

Se habla de cubierta verde cuando la superficie de dicho elemento constructivo está parcial o completamente cubierta de vegetación (45) (46).

Las cubiertas verdes contribuyen en la mejora del clima de las ciudades, por lo que se presentan como una alternativa atractiva para su gestión ambiental y crear ciudades sostenibles y resilientes. Según se recoge en diversos documentos, con el hecho de ajardinar el 10 o 20 % de las cubiertas de la ciudad sería suficiente para lograr un clima urbano saludable (45) (47).

Este tipo de construcciones tienen diversos beneficios tanto para la salud como para el propio edificio o el medio ambiente. En lo referente a la salud de las personas, la mejora del bienestar y de la calidad del aire (47) (48) (49).

En lo que al edificio respecta, ofrecen un aislamiento térmico y acústico, permiten el aumento de la vida útil de la cubierta y aportan una reducción del consumo de energía (45) (50) (51). Además, se generan un aumento en el valor estético y ganancias económicas con el aumento del valor de la propiedad (52).

Por último, y en relación al medio ambiente, la regulación del clima, la naturalización de la ciudad, la reducción del efecto isla de calor, la captura de gases contaminantes de efecto invernadero, la mejora de la calidad del agua, el incremento de la biodiversidad o la reducción del consumo energético (7) (45) (46) (47).

Un estudio realizado acerca de la influencia de las cubiertas verdes en la variación de la temperatura urbana indicó que a nivel peatonal y para la clasificación climática Cfb (53), esta variación era de  $-0.01^{\circ}\text{C}$ , y a nivel de azotea de  $-5^{\circ}\text{C}$ . En este mismo estudio y para el mismo clima, se indica que la variación en la demanda de energía de calefacción es del  $-8\%$  y de  $-9\%$  para el caso de la demanda de refrigeración (54).

Otro estudio realizado acerca del ahorro en la demanda de refrigeración determinó una reducción anual del consumo de energía entre el  $1\%$  y el  $11\%$  en Tenerife, entre el  $2\%$  y el  $8\%$  en Roma y entre el  $0\%$  y el  $11\%$  en Sevilla (55).

Un tercer estudio sobre los ahorros en el consumo de energía aportados por una cubierta verde en una ciudad de Grecia mostró que se podría reducir el consumo de energía para calefacción y refrigeración hasta en un  $16\%$  y  $5\%$  (56).

Por todo ello, las cubiertas verdes se presentan como soluciones apropiadas para integrar en las ciudades, y sobre todo en zonas de alta urbanización (52).

En función de su ubicación, el material vegetal empleado y la carga que suponen para la estructura del edificio, las cubiertas verdes se diferencian en tres principales tipologías: extensiva, intensiva y semi-intensiva.

- Cubierta verde extensiva

Este tipo de cubierta es el más ligero ya que el sustrato tiene poco espesor. Su espesor varía entre los  $8$  y los  $10$  cm, y la carga estructural que supone entre los  $50$  y los  $150$   $\text{kg}/\text{m}^2$  (47) (57). Además, pueden ser empleados cuando haya que cubrir toda el área de la cubierta (58).

Se pueden instalar en cualquier tipo de cubierta, ya sea por ejemplo en espacios de difícil acceso o que están ubicados en una gran pendiente, sin realizar ningún cambio o con mínimos refuerzos en la estructura. Su uso se puede encontrar, por ejemplo, en viviendas unifamiliares o edificios de oficinas (57).

Las plantas que se vayan a utilizar deben ser de raíces de poca profundidad y ser prioritariamente naturales de la zona climática (47) (50). De no ser posible, el tipo de especies vegetales recomendadas para esta clase de cubiertas son musgos, sedum, vivaces, ciertas gramíneas y herbáceas (47) (58).

Las cubiertas extensivas requieren de un mantenimiento muy reducido, pudiéndose tratar de dos o tres inspecciones al año (47) (49).

- **Cubierta verde intensiva**

Este tipo de cubierta consta de grandes capas de vegetación y requiere de un sistema más complejo, lo cual deriva en mayores cargas estructurales sobre el edificio. Su espesor varía entre los 15 y los 80 cm, y la carga estructural que supone entre los 180 y los 300 kg/m<sup>2</sup> (59).

Se diseñan para promover el uso por parte de las personas, y se instalan en espacios de acceso al público intentando simular un jardín o para un uso recreativo (50) (58).

El tipo de especies recomendadas para esta clase de cubiertas son plantas de tronco y perennes, arbustos grandes y árboles (58).

- **Cubierta verde semi-intensiva**

Este tipo de cubierta requiere una profundidad media, que varía entre los 15 y los 35 cm. La carga estructural supone entre 120 y 250 kg/m<sup>2</sup>. Admite el tránsito y uso moderado de las personas, y se suelen encontrar en viviendas unifamiliares o edificios de oficinas (57) (60).

El tipo de especies recomendadas para esta clase de cubiertas son herbáceas, césped y arbustos medianos (58) (61).

#### **4.2.3. Cubierta verde fotovoltaica**

Esta denominación reside en la combinación de dos tecnologías mencionadas con anterioridad: sistemas de captación de energía solar fotovoltaica y cubiertas verdes. Esta combinación reúne los beneficios de ambas tecnologías, y además ofrece beneficios adicionales para la producción energética a escala edificio (7) (62) (63).

La integración de un sistema fotovoltaico junto con un cubierta verde en un edificio proporciona un efecto de enfriamiento evaporativo para los paneles fotovoltaicos, mejorando así su rendimiento energético, y por consiguiente maximizando la potencia de salida (63) (64) (65) (66).

Ejemplo de ello son, entre otros, un estudio llevado a cabo en Berlín (67) en el cual los resultados demostraron que se podía producir un 6% más de electricidad en comparación con una cubierta pavimentada, o un segundo realizado en Ankara (68) en el que se indica que los sistemas de cubiertas verdes fotovoltaicas pueden aumentar la producción de energía en un 3%.

No obstante, esta beneficiosa combinación puede llegar a generar un efecto negativo en la vegetación de la cubierta, ya que la evapotranspiración de las plantas se reduce cuando

se encuentra debajo de los paneles fotovoltaicos; estos impiden que la radiación solar directa llegue a la vegetación subyacente (69).

Al ser una tecnología en proceso de desarrollo, existen varios desafíos que dificultan su implementación a gran escala, tales como los altos costos iniciales, los datos experimentales limitados y la falta de conciencia sobre los beneficios a largo plazo (7).

#### **4.2.4. Energía eólica**

Hay estudios que indican que los entornos construidos tienen un gran potencial eólico que se debe aprovechar (70) (71). Esto se determina tras analizar que la existencia de edificios genera la aceleración del viento en el entorno urbano (72). La altura del edificio juega un papel importante, ya que podría causar un aumento en la energía eólica disponible de 3 a 8 veces en comparación con las áreas rurales (73).

No obstante, en ocasiones la infraestructura urbana afecta de manera negativa en la dinámica del viento creando un flujo de aire inestable, turbulento y de menor velocidad (72) (74) (75). Además, y en cuanto a las desventajas de esta tecnología, cabe destacar que los aerogeneradores pequeños son menos eficientes y menos viables económicamente, así como que genera preocupaciones con respecto al ruido, la seguridad tanto personal como de las aves, la estética y la aceptación del público (75).

Por ello, y para evitar los problemas generados por las turbulencias y poder aprovechar las mayores velocidades del viento, se debe procurar que el edificio en el que se instalen los pequeños aerogeneradores sea más alto que sus colindantes.

Al instalarse en las cubiertas de los edificios, sucede al igual que en el caso de la generación fotovoltaica: se minimizan la dependencia del uso de los combustibles fósiles y las pérdidas asociadas a la transmisión y distribución. Además, no requieren de terreno nuevo para su instalación.

Se debe analizar la cubierta con detalle para colocar los aerogeneradores en la posición adecuada, ya que de no ser así, la potencia de salida podría llegar a ser nula durante periodos de tiempo significativos (76). En el caso de que no hubiera una dirección predominante del viento, se ha estudiado que esta posición sería el centro de la cubierta (77). Además, en los vértices de las cubiertas se puede crear una intensidad de turbulencia significativa. La tipología de la cubierta también tiene influencia en el aprovechamiento del recurso, y se ha llegado a la conclusión de que las cubiertas más apropiadas para la instalación de esta tecnología son las cubiertas planas (78) (79).

Así como en las áreas rurales los aerogeneradores presentes son de eje horizontal (HAWT), en los entornos urbanos se instalan de eje vertical (VAWT). Éstas sacan un

mayor provecho del recurso debido a que su eje rotacional se sitúa de forma perpendicular con respecto al suelo, lo que hace que se pueda aprovechar el viento en cualquier dirección (80) (81). Además, permiten un funcionamiento con velocidades de viento moderadas (82). Por otro lado, las turbinas VAWT tienen una velocidad de arranque menor y una velocidad de paro mayor, por lo que permiten que el tiempo de funcionamiento sea mayor.

Los aerogeneradores de eje vertical más comunes y más ampliamente estudiados en entornos urbanos son las turbinas Darrieus y las turbinas Savonius. Las turbinas Darrieus ofrecen ventajas como menor ruido, ubicación del generador en la base de la turbina y buen comportamiento en flujos turbulentos (83), especificaciones adecuadas para su instalación en cubiertas. Las turbinas de tipo Savonius se usan cuando los costos o la fiabilidad son muchos más importantes que la eficiencia (80). También se conocen casos en los que se da la combinación de ambas tipologías resultando así en una turbina híbrida, donde se emplea el rotor Darrieus como dispositivo principal y el rotor Savonius para el funcionamiento de la misma (80).

#### **4.2.5. Huertos urbanos**

Se entiende como agricultura urbana el crecimiento y cultivo de alimentos dentro del área urbana (84), y como huerto urbano aquel espacio donde se realiza dicha acción. Estos espacios se pueden encontrar en patios, terrazas, huertos comunitarios o en distintos espacios no aprovechados.

Diversos estudios y documentos señalan que la agricultura urbana desempeña un papel importante en la autosuficiencia alimentaria (principalmente en los países en vías de desarrollo), en la mitigación del impacto ambiental o en el aumento en el metabolismo de las ciudades y de su multifuncionalidad (21) (83) (85) (86) (87). En los países desarrollados surgen otros beneficios sociales adicionales como la educación medioambiental, una reducción en la brecha entre consumidores y productores o generar espacios de identificación comunitaria (44) (88) (89).

Hay evidencias que muestran que la agricultura urbana se remonta siglos atrás, y que ha ido evolucionando hasta convertirse en lo que es hoy en día: desde las huertas comunes de las colonias africanas o los jardines egipcios hasta los huertos en azoteas incorporados a principios del siglo XIX en el continente europeo. El auge y la intermitencia de la agricultura urbana van ligados a diferentes episodios de crisis, falta de alimentos y subsistencia. En los años 80 y 90 la importancia de la agricultura urbana aumentó considerablemente en todo el mundo (87) (90).

En relación a la situación de crisis sanitaria que nos enfrentamos en la actualidad y las dificultades que supuso para la compra de alimentos en algunos territorios, la agricultura urbana ha permitido que las ciudades tengan capacidad para fortalecer su resiliencia (91) (92).

La puesta en marcha de huertos urbanos en las cubiertas de los edificios está ganando popularidad en las grandes ciudades (21) (93). Este desarrollo refleja la preocupación que existe por llevar a cabo un modo de producción más sostenible y generar nuevos métodos de alimentación o de ocio. Y a pesar de que este modo de agricultura no sirva como sustento principal, da pie a alimentar otros modelos de ciudad.

El hecho de instalar los huertos urbanos en las azoteas más que en balcones de particulares tiene la ventaja de que las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, partículas contaminantes que penetran en nuestro organismo, son más bajas. Un estudio llevado a cabo en la ciudad de Nueva York, demostró que estas concentraciones eran 7-33% más bajas. Asimismo, los cultivos están expuestos a una menor contaminación vehicular (94).

## **5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

En este apartado se especifican los aspectos metodológicos del trabajo realizado, así como su desarrollo.

Para la realización de este Trabajo de Fin de Master se ha seguido una metodología consistente en un inicial análisis de la situación actual y las diferentes alternativas posibles para su transformación.

### **5.1. Descripción de tareas**

En este punto se muestra un esquema de las tareas que se han llevado a cabo a lo largo de la realización del Trabajo de Fin de Master.

- Identificar objetivos general y específicos del proyecto
- Analizar la literatura existente entorno a actuaciones en cubiertas
- Descartar alternativas que no eran del interés de este estudio
- Determinar la zona de estudio y escoger las cubiertas de interés
- Caracterización de las cubiertas seleccionadas
- Escoger parámetros clave para determinar la idoneidad de las cubiertas para cada aplicación
- Desarrollar herramienta de cálculo
- Plantear preguntas
  - ¿De qué depende que una cubierta se reutilice?
  - ¿Cuáles son las condiciones para cada uso?
  - ¿Qué beneficios le puede aportar a la comunidad?
  - ¿Cuáles son los parámetros que deberemos tener en cuenta a la hora de definir la o las estrategias?
  - ¿Qué aprendizajes podemos extraer del trabajo realizado para su aplicación en el caso concreto de Donosti?
- Aplicación del caso de estudio

### **5.2. Metodología empleada para la revisión**

Se han evaluado diversos artículos en los cuales se analizan diferentes intervenciones en cubiertas de edificios. La metodología se basa en el uso de la herramienta de cálculo *Excel*.

Para poder evaluar cada artículo de manera sistemática se han analizado 7 parámetros:

- **Ubicación**  
Conocer la ubicación del edificio analizado es importante ya que determinará muchos de los siguientes factores.
- **Clima**  
El clima está directamente ligado con la ubicación. La referencia tomada se ha basado en la clasificación climática de Köppen-Geiger (53).
- **Superficie de cubierta**  
Esta variable indica la superficie total de la cubierta analizada, y por tanto la posibilidad de instalar una u otra alternativa. Se han marcado cuatro rangos para su clasificación: <100 m<sup>2</sup>, 100-500 m<sup>2</sup>, 500-1000 m<sup>2</sup> y >1000 m<sup>2</sup>, así como una clasificación de dato no especificado (-).
- **Tipología de cubierta**  
La tipología de la cubierta también marca un límite a la hora de marcar la viabilidad de las diferentes alternativas propuestas. Las cubiertas se han clasificado en inclinadas y en planas, y dentro de este primer grupo se ha realizado una segunda clasificación en función de la inclinación (5-36%, 36-84%, >84% y dato no especificado).
- **Tipología de edificio**  
La tipología de edificio permite hacerse una idea de la frecuencia con la que las diferentes alternativas se aplican en espacios residenciales. Se han hecho dos grandes grupos: viviendas y de otro tipo. Dentro del grupo de viviendas se distingue entre unifamiliar, edificio en bloque, edificio en altura y clase sin identificar. Dentro del segundo se engloban edificios tales como escuelas, universidades, centros cívicos, centros de organismos públicos, hoteles, edificios industriales o centros comerciales.
- **Número de habitantes**  
El número de habitantes es únicamente aplicable en el caso de los edificios residenciales, y se han clasificado en los siguientes rangos: <10, 10-50, 50-100, >100 y dato no especificado.
- **Situación dentro de la ciudad**  
Dentro de esta clasificación, los edificios se distinguen entre urbanos, periurbanos y dato no especificado.

El análisis se ha hecho de forma teórica, y después se ha aplicado en un caso de estudio concreto en la ciudad de Donostia-San Sebastián.

### 5.3. Herramienta de cálculo

Una vez recogidos los resultados de los artículos analizados, se ha determinado que las variables más restrictivas son la inclinación de la cubierta y la tipología del edificio. Otros factores que también determinarán la viabilidad de la tecnología son la orientación de la cubierta o la situación con respecto a los edificios circundantes.

En cuanto a la inclinación de la cubierta, recordar que se ha clasificado en los siguientes grupos: cubiertas planas y cubiertas con inclinaciones de 5-36%, 36-84% y >84%. La tipología edificatoria se divide en viviendas y otro tipo de edificios.

En la variable orientación de la cubierta se han establecido los cuatro puntos cardinales principales, y las combinaciones más comunes entre ellos. La variable edificios circundantes hace referencia a si en el entorno del edificio existen construcciones de mayor elevación. La respuesta afirmativa indicará que sí que existen edificios de mayor altura.

INCLINACIÓN DE CUBIERTA	TIPOLOGÍA DE EDIFICIO	ORIENTACIÓN DE CUBIERTA	EDIFICIOS CIRCUNDANTES
Plana	Vivienda	N	Si
5-36 %	Otro	NO	No
36-84 %		NE	
> 84 %		S	
		SO	
		SE	
		E	
		O	

Tabla 1. Datos de entrada.

Utilizando la herramienta de cálculo Excel y su característica condicional, se ha desarrollado una tabla en la cual al introducir la inclinación de la cubierta y la tipología de edificio indica el grado de viabilidad para cada caso mediante un código de colores.

GRADO DE VIABILIDAD
Bajo o nulo
Medio
Bueno

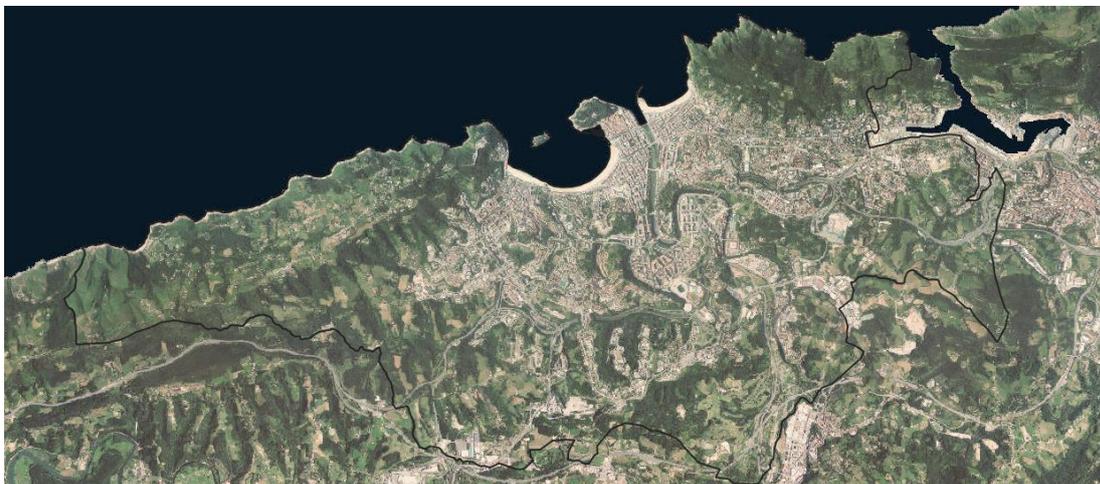
Tabla 2. Código de colores.

INCLINACION DE LA CUBIERTA	TIPOLOGÍA DE EDIFICIO	ORIENTACIÓN DE CUBIERTA	EDIFICIOS CIRCUNDANTES	TECNOLOGÍA APROPIADA				
				Solar fotovoltaica	Cubierta verde	Cubierta verde fotovoltaica	Eólica	Huerto urbano
5-36 %	Vivienda	S	No					

Tabla 3. Resultado de la herramienta. Ejemplo para una cubierta de leve inclinación con orientación sur de un edificio residencial sin edificios circundantes de mayor elevación.

#### **5.4. Caso de estudio. Descripción del área**

El área escogida para la aplicación del estudio ha sido la ciudad de Donostia-San Sebastián (43°19' N, 1°59' O). En ella, se han definido diferentes edificios de interés para su posterior análisis. Dicha área se muestra en la *Ilustración 1*.



*Ilustración 1. Ciudad de Donostia-San Sebastián.  
Fuente: Google Earth, 2021*

La ciudad de Donostia-San Sebastián cuenta con un clima oceánico templado (Cfb) según la clasificación climática de Köppen-Geiger (53). Se trata de un clima templado y húmedo donde las precipitaciones están repartidas a lo largo del año, por lo que se puede apuntar que no hay una estación propiamente seca. La temperatura media anual es de 13,5°C, y la precipitación aproximada 1507 mm (95).



*Ilustración 2. Cubiertas seleccionadas para el estudio.  
Fuente: elaboración propia a partir de la Base Topográfica Actualizada del Gobierno Vasco (95).*

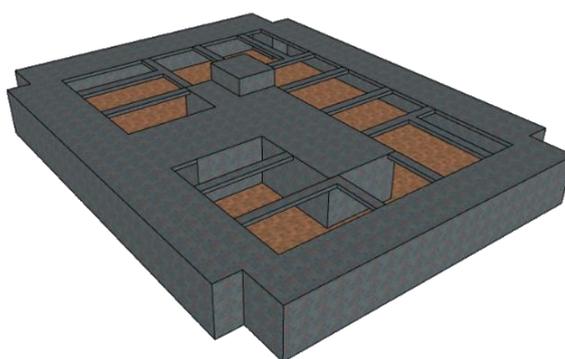
Las cubiertas seleccionadas se encuentran en los barrios de Lorea, en Antiguo, (señalado en color verde) y Benta Berri (señalado en color naranja), situados al oeste de la ciudad.

El primer grupo consta de cuatro edificios residenciales en bloque construidos en 1974 y una torre del año 1973, cubriendo un total de 178 viviendas además de trasteros y locales comerciales en los sótanos y plantas bajas de los edificios (97). Teniendo en cuenta que la media de habitantes por vivienda en esta ciudad es de 2,4 (98) se estima que en ellas viven 427,2 habitantes, aproximadamente un 0,2 % de la población total de la ciudad.



*Ilustración 3. Barrio de Lorea (Antiguo).  
Fuente: Google Earth, 2021*

Todas las cubiertas son planas y accesibles, y abarcan un área útil total aproximada de 1300 m<sup>2</sup>. Tal y como se aprecia ligeramente en la Ilustración 3, la cubierta de la torre ubicada en este emplazamiento presenta una complejidad constructiva que se deberá tener en cuenta a la hora de realizar los análisis pertinentes. Se muestra con más detalle a continuación.



*Ilustración 4. Plano característico de la cubierta de la torre de Lorea.  
Fuente: elaboración propia*

Además, este emplazamiento cuenta con un área de patio comunitario en el que se encuentran dos piscinas descubiertas y una zona verde. Este espacio es aproximadamente de 1500 m<sup>2</sup>, más los 400 m<sup>2</sup> ajardinados y 165 m<sup>2</sup> cubiertos por las piscinas.



*Ilustración 5. Detalle de los patios de Lorea.  
Fuente: Google Earth, 2021*

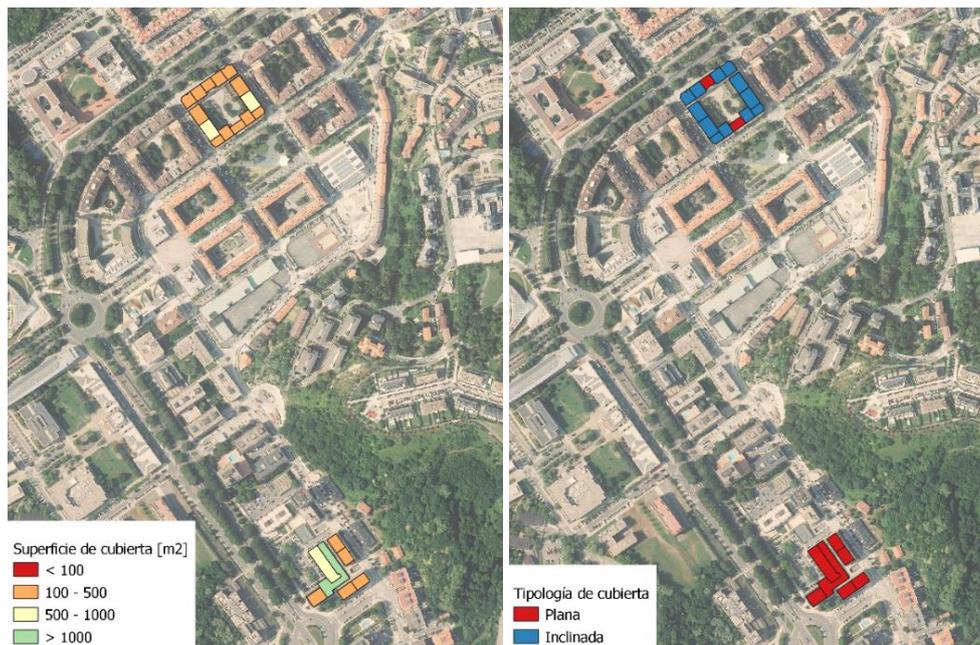
El segundo grupo se trata de una manzana construida en 1997 alrededor de una plaza ajardinada, sumando un total de 144 viviendas (97). Aquí residen 345,6 personas, alrededor del 0,15 % de la población total de la ciudad. Los edificios son más bajos y combinan tanto viviendas como oficinas, además de incluir garajes en las plantas subterráneas y locales comerciales en los bajos de los edificios.



*Ilustración 6. Barrio de Benta Berri.  
Fuente: Google Earth, 2021*

Las cubiertas de los edificios residenciales son inclinadas, mientras que las de aquellos que albergan oficinas son planas. Las cubiertas inclinadas suman un total de 2160 m<sup>2</sup>, y las planas 300 m<sup>2</sup>.

En las *Ilustraciones 3 y 4* se indican las cubiertas clasificadas según su superficie y su inclinación. En el *ANEXO I* se especifican sus características con mayor detalle.

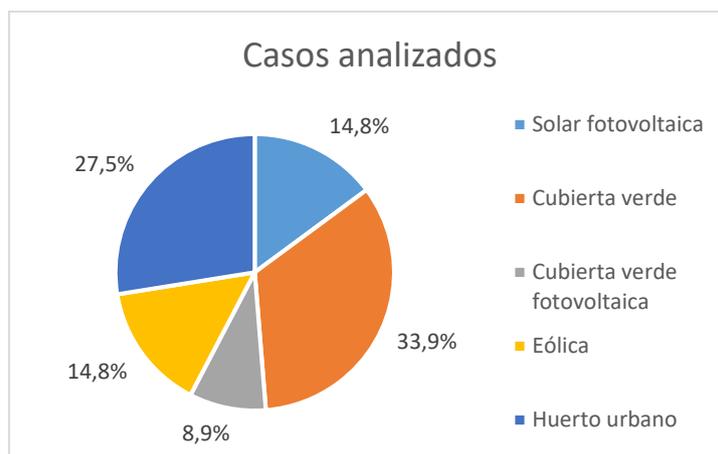


*Ilustración 7. Clasificación de las cubiertas en función de la superficie y la tipología.*  
Fuente: elaboración propia a partir de la Base Topográfica Actualizada del Gobierno Vasco (96).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Estudio de alternativas

En el siguiente apartado se detallan los resultados obtenidos del análisis bibliográfico realizado de diferentes estudios sobre las diferentes alternativas propuestas. Con ello se pretende dar respuesta a las preguntas previamente planteadas.

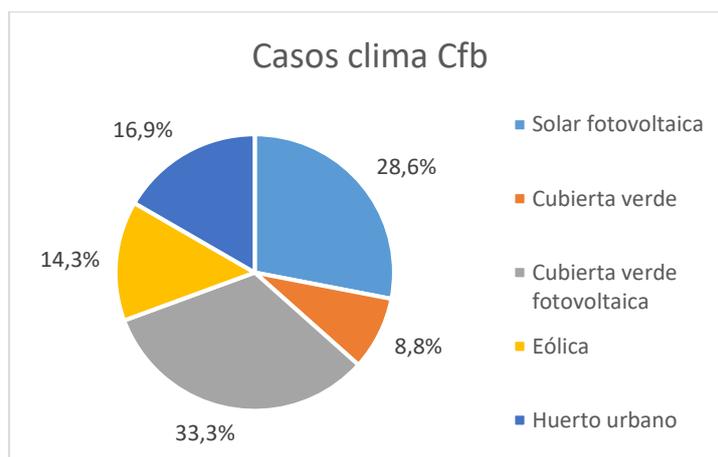


Gráfica 1. Relación de casos analizados según la alternativa.

En la revisión sobre la que se basa este proyecto, se han analizado un total de 236 casos. Entre ellos 35 [14,8%] corresponden a estudios relacionados con actuaciones relacionadas a la energía solar fotovoltaica, 80 [33,9%] a cubierta verde, 21 [8,9%] a cubierta verde fotovoltaica, 35 [14,8%] al aprovechamiento del recurso eólico y 65 [27,5%] a huertos urbanos.

Esto se aprecia en la *Gráfica 1*, donde se destaca que la mayoría de casos analizados se tratan de cubiertas verdes y de huertos urbanos. Esto se debe a que son numerosos los beneficios que estos sistemas aportan a la sociedad, por lo que se apuesta por una investigación en su implantación en entornos urbanos. Los beneficios más destacables son la reducción de la contaminación de la atmosfera urbana, la mitigación del efecto isla de calor, la mejora en la salud autopercebida y el acercamiento al medio natural.

Las actuaciones analizadas en menor cantidad son las cubiertas verdes fotovoltaicas ya que esta es una tecnología de reciente incorporación y ha sido poco investigada. Sin embargo, cada vez son más los investigadores que se decantan por estudiar los beneficios tanto sociales como energéticos de la combinación de estos dos sistemas.



Gráfica 2. Relación de casos analizados con clasificación climática Cfb.

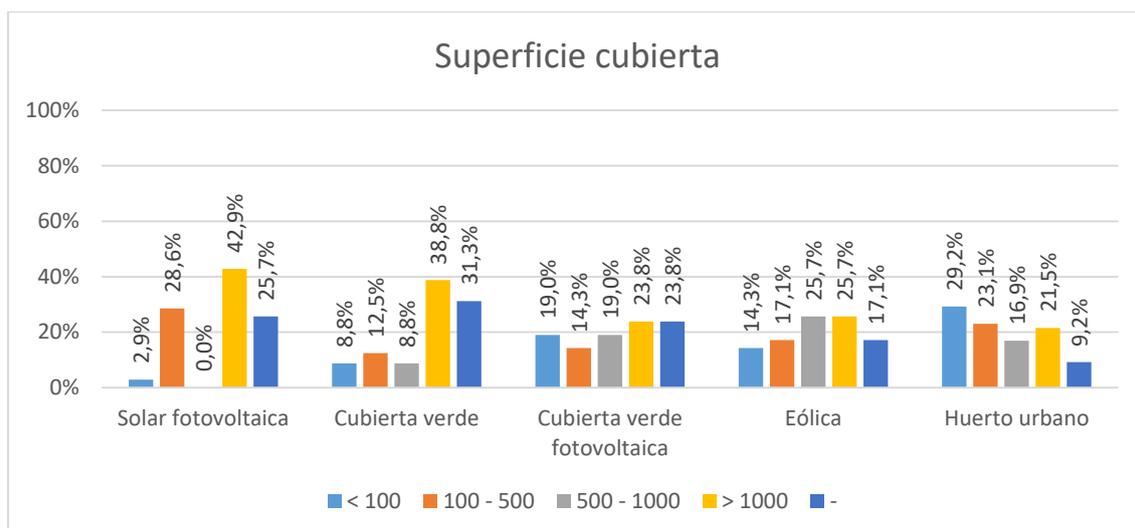
En la Gráfica 2 se puede ver que aquellas alternativas que se dan con mayor frecuencia en la zona climática Cfb (la misma a la que pertenece la ciudad del caso de estudio) son instalaciones solares fotovoltaicas, así como su combinación con cubiertas verdes.

A pesar de que la irradiación solar en el norte de España no sea la óptima del país, los estudios realizados muestran resultados positivos. Por ejemplo, los datos recogidos de la Oficina Europea de Estadística (EUROSTAT), el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo (ECMWF) en el proyecto ERA-INTERIM acerca de la relación entre la energía (radiación disponible) y la demanda (consumo por kilómetro cuadrado, uso residencial) indican que este valor es de 6, 10, 4, y 2,2 en primavera, verano, otoño e invierno respectivamente (10). Estos valores indican cuanto más de disponibilidad energética hay frente a la demanda.

Una de las principales características del clima Cfb es la gran presencia de lluvias a lo largo de todo el año (99). Esto resulta positivo en cuanto a la instalación de cubiertas verdes, ya que no es necesario instalar un sistema de riego complejo (15). Además, si se opta por colocar especies vegetales autóctonas, este control sería aún menor.

### 6.1.1. Análisis según los edificios

En este apartado, se analizará el peso que tiene cada alternativa estudiada en función de tres variables asociadas al propio edificio. Estas variables referentes a las características edificatorias son la superficie de la cubierta, la tipología de la cubierta y la tipología del edificio.



Gráfica 3. Superficie de la cubierta según la alternativa.

La Gráfica 3. muestra las superficies de las cubiertas analizadas en los diferentes artículos. En el caso de los estudios relacionados con aplicaciones de energía solar fotovoltaica, se observa como la mayor parte de los casos analizados [15] se aplican en cubiertas con más de 1000 m<sup>2</sup> de superficie. También aparecen, pero en menor medida [10], en cubiertas de entre 100 y 500 m<sup>2</sup>. Las otras dos clasificaciones resultan insignificantes.

En cuanto a la implementación de cubiertas verdes, se repite la misma dinámica que para el caso anterior: la mayoría de los casos [31] se dan en cubiertas con una superficie mayor a 1000 m<sup>2</sup>, y en menor medida [10] en cubiertas de entre 100 y 500 m<sup>2</sup>. No obstante, sí que existe algún caso de aplicación en cubiertas menores a 100 m<sup>2</sup> [7] y de entre 500 y 1000 m<sup>2</sup> [7] de superficie.

En lo referente a la cubierta verde fotovoltaica, todas las cubiertas aparecen representadas de forma similar. Si bien las cubiertas de mayor superficie aparecen en más casos [5], de menor a mayor tamaño de la clasificación realizada aparecen en 4, 3 y 4 casos respectivamente.

Las instalaciones de energía eólica estudiadas aparecen en la misma cantidad en cubiertas de 500 a 1000 m<sup>2</sup> [9] y mayores a 1000 m<sup>2</sup> [9] ya que su instalación es más adecuada en superficies amplias para así poder establecer las distancias adecuadas entre cada aerogenerador y que no interfieran entre ellos. En los otros dos elementos de la clasificación tienen un peso relativamente igualado, de menor a mayor tamaño 5 y 6 casos respectivamente.

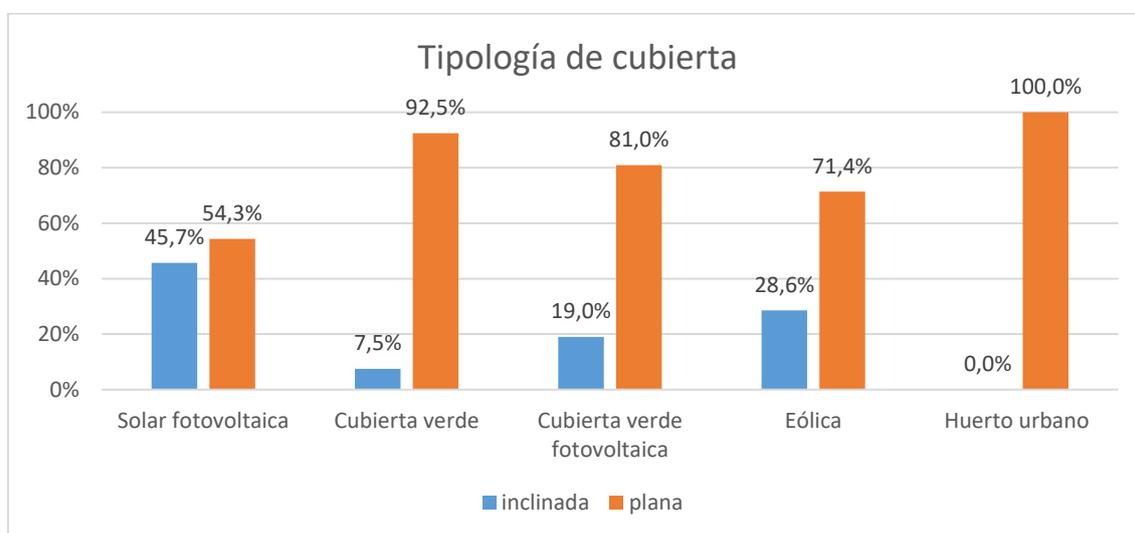
Por último, en el caso de los huertos urbanos se ve como su implementación ha sido mayor en superficies de menor tamaño. Se dan con mayor frecuencia en las cubiertas

menores a 100 m<sup>2</sup> [19] y de entre 100 y 500 m<sup>2</sup> [15], si bien no hay gran diferencia con las cubiertas mayores a 1000 m<sup>2</sup> [14] y el otro grupo [11].

Así, se determina que el factor de la superficie de la cubierta no juega un papel primordial a la hora de determinar la viabilidad de las alternativas, ya que hay aplicaciones de todas ellas sin distinguir la extensión de la misma.

No obstante, se puede observar como la instalación de cubiertas verdes es más popular en cubiertas de mayor tamaño.

En el caso de los huertos urbanos, al poder adaptarse fácilmente a la superficie disponible, se ve que principalmente aparecen en cubiertas de menor tamaño, como podrían ser el caso de viviendas o centros escolares.



Gráfica 4. Tipología de cubierta según la alternativa.

En la Gráfica 4 se muestra la inclinación de las cubiertas según la alternativa estudiada en el artículo. Esta información servirá para realizar una clasificación de aquellas tipologías de cubiertas más apropiadas para cada uso.

En el caso de las instalaciones fotovoltaicas, no hay gran diferencia entre la tipología de cubierta. Los artículos han analizado en mayor medida cubiertas planas [19], y las inclinadas tienen un peso de 16 casos. Esta tecnología es fácilmente adaptable a las inclinaciones mediante soportes adecuados a cada caso y situación.

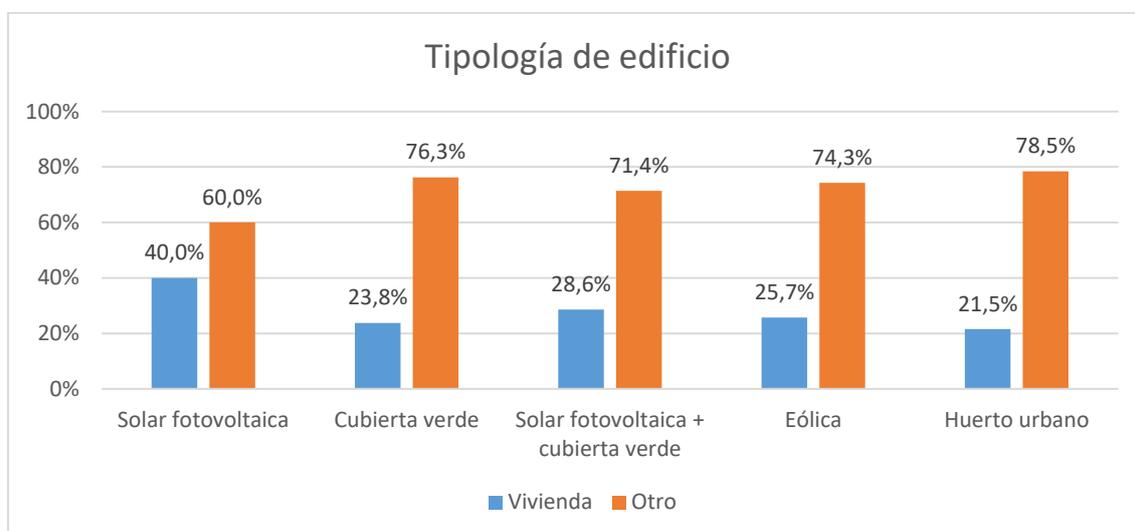
Las cubiertas verdes se dan mayormente en aquellas que no están en pendiente [74]. Esto se debe principalmente a que en estos casos no es necesaria la instalación de soportes o estructuras para mantener la estabilidad de las plantas. Además, el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Seguridad Estructural determina que el valor de la sobrecarga de uso para las cubiertas con una carga uniforme añadida será serán de

102 kg/m<sup>2</sup> si es transitable accesible solo privadamente, del mismo valor si tienen una inclinación inferior al 36 % y nula si la inclinación es superior al 84 % (100). Las cubiertas verdes inclinadas se han analizado en un total de 6 casos.

La cubierta verde fotovoltaica aparece mayoritariamente en cubiertas planas [17]. Esta tipología permite una mayor accesibilidad y facilidad a la hora de su montaje y puesta en marcha. Las cubiertas inclinadas para esta solución se han analizado en un total de 4 casos.

Las instalaciones de energía eólica en cubiertas son más comunes en cubiertas planas [25] debido a que la instalación es más sencilla y no requiere de una estructura añadida para su colocación (101), tal y como sucede en las cubiertas inclinadas [10]. Además, se ha estudiado que la posición de instalación más favorable es en el centro de la cubierta si no hay una dirección predominante del viento (77).

En el caso de los huertos urbanos, es imprescindible que la cubierta sea plana para poder instalar los recursos sin ningún problema. Además, estas deberán ser completamente accesibles y transitables. Todos los casos analizados [65] corresponden a cubiertas planas.



Gráfica 5. Tipología de edificio según la alternativa.

En la Gráfica 5 se muestra la influencia de la tipología de edificio en la alternativa analizada en cada estudio. En el caso de las instalaciones solares fotovoltaicas la cantidad de estudios realizada en edificios residenciales [14] y no residenciales [21] es similar. Esto podría deberse a que es una tecnología aceptada ampliamente por la sociedad y que la implantación de las energías renovables en los edificios residenciales es cada vez mayor.

En lo referente las instalaciones de cubierta verde fotovoltaica, la diferencia también es poco significativa. La razón principal de esta diferencia, edificios residenciales [6] frente a los no residenciales [15], es que suponen un gran desembolso inicial.

Para los casos de cubiertas verdes e instalaciones de energía eólica, así como los huertos urbanos, la diferencia entre ambas tipologías es más notoria. Las cubiertas verdes en edificios residenciales se han estudiado un total de 19 veces, mientras que en el caso de no residenciales este número asciende a 61.

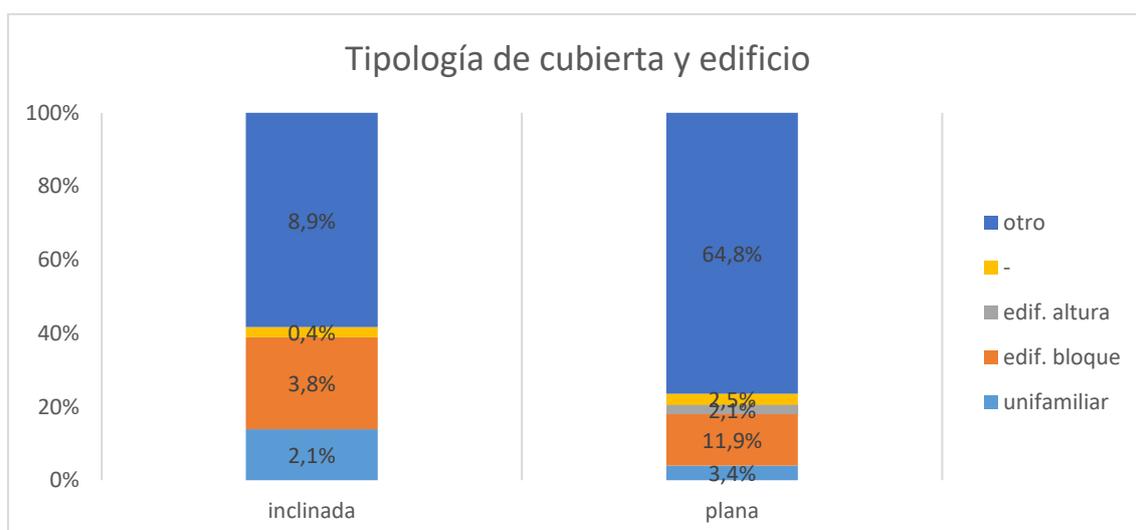
En cuanto a la instalación de generadores eólicos en las cubiertas de los edificios, se ha estudiado que no es una tecnología aceptada por la ciudadanía, lo cual dificulta su implementación en edificios de particulares [96]. Sin embargo, en edificios públicos o institucionales [26] esta apuesta es cada vez mayor.

En lo que a huertos urbanos respecta, hay una gran diferencia entre los edificios no residenciales [51] con respecto a las viviendas [14].

Así, se puede ver cómo, para todas las alternativas, los casos estudiados son mayores en los edificios no residenciales. Dentro de este grupo se encuentran clasificados, entre otros, escuelas, universidades, centros cívicos, centros de organismos públicos, hoteles, edificios industriales o centros comerciales.

Además, a todas estas razones se debe sumar que acceder a los datos concretos de las viviendas particulares resulta más complicado que a la otra tipología de edificios.

Por ello, se determina que la tipología del edificio juega un papel importante a la hora de escoger la implantación o no de las diferentes tecnologías.



Gráfica 6. Relación de la tipología de cubierta con la tipología de edificio.

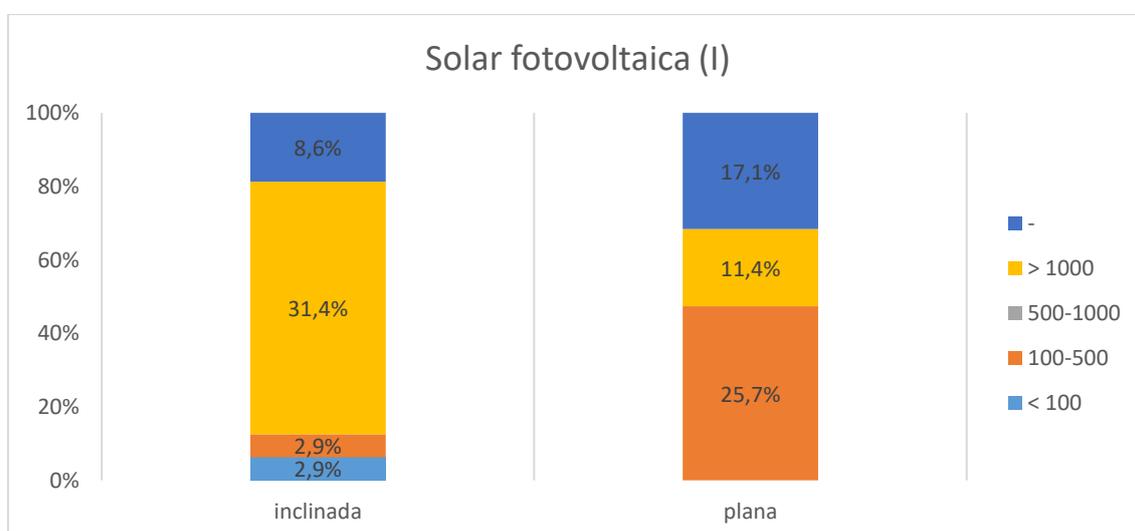
Como último análisis en cuanto a las características del edificio, se ha establecido la relación entre la tipología de la cubierta y del edificio de todos los casos estudiados. Así, se determina que las cubiertas planas se dan en los edificios no residenciales con una gran diferencia con respecto a las demás tipologías: de los 236 casos estudiados, 153 corresponden a edificios no residenciales con cubiertas planas. El siguiente caso con mayor representación son las cubiertas planas en los edificios en bloque, los cuales suman 28 casos. En cuanto a las cubiertas inclinadas, estas también se dan con mayor frecuencia en los edificios no residenciales, si bien la diferencia no es tan notoria. Esto se ve reflejado en la *Gráfica 6*.

### 6.1.2. Análisis según la tecnología

A continuación, se analizará cada alternativa por separado según dos clasificaciones combinadas. En primer lugar, se analizará la alternativa en función de la tipología e inclinación de la cubierta, y a continuación en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta.

En el apartado anterior se ha visto que para la aplicación de solar fotovoltaica la tipología de cubierta predominante es la plana y en cuanto a la superficie mayores de 1000 m<sup>2</sup>, y la tipología de edificio predominante es el no residencial.

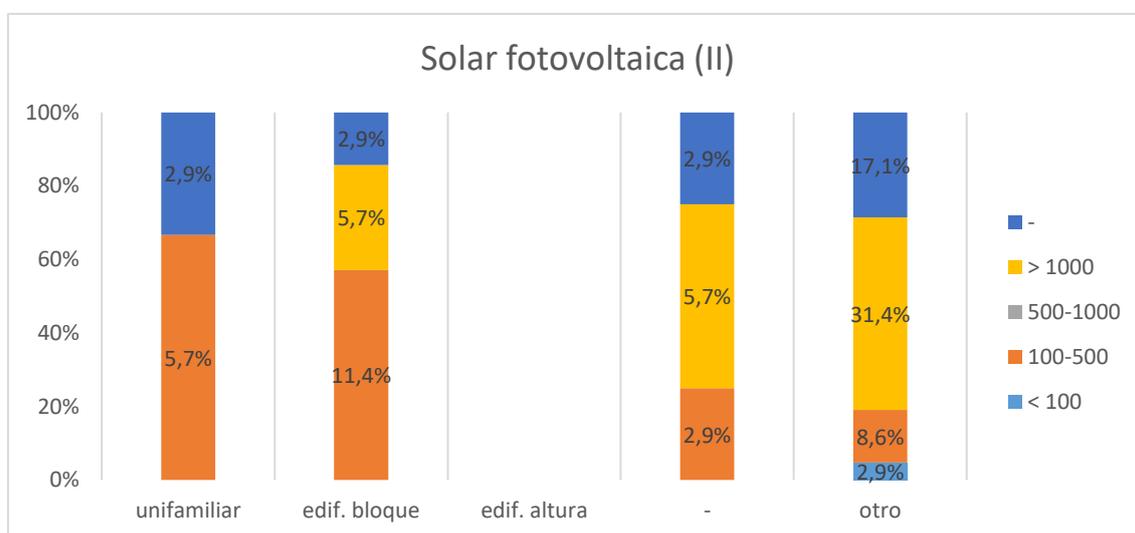
El primer análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de solar fotovoltaica (*Gráfica 7*), determina que dentro de las cubiertas inclinadas analizadas la mayor parte de ellas se tratan de superficies extensas. Esto se debe a que, por ejemplo, estas cubiertas son cubiertas a dos aguas, escalonadas o de tipología piramidal, las cuales abarcan una mayor superficie para una misma área proyectada. Sin embargo, dentro de las cubiertas planas la superficie es menor ya que, como se ha dicho, para el área que abarcan es poco más del construido.



Gráfica 7. Aplicaciones de solar fotovoltaica en función de la tipología y superficie de la cubierta.

El segundo análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de solar fotovoltaica (Gráfica 8), indica que dentro de los edificios residenciales es más común encontrarlas en edificios en bloque con una pequeña superficie de cubierta. Las superficies de cubiertas más grandes se dan en los edificios no residenciales debido a que, por lo general, estos son más extensos ya que albergan más usos.

Resulta destacable que no se han encontrado estudios en los que se trate esta alternativa en edificios residenciales en altura. En esta tipología edificatoria reside un mayor número de habitantes, por lo que los beneficios de esta tecnología abarcarían una mayor cantidad de beneficiarios. Además, al ser de mayor elevación que los edificios colindantes las pérdidas por sombras disminuyen potencialmente.

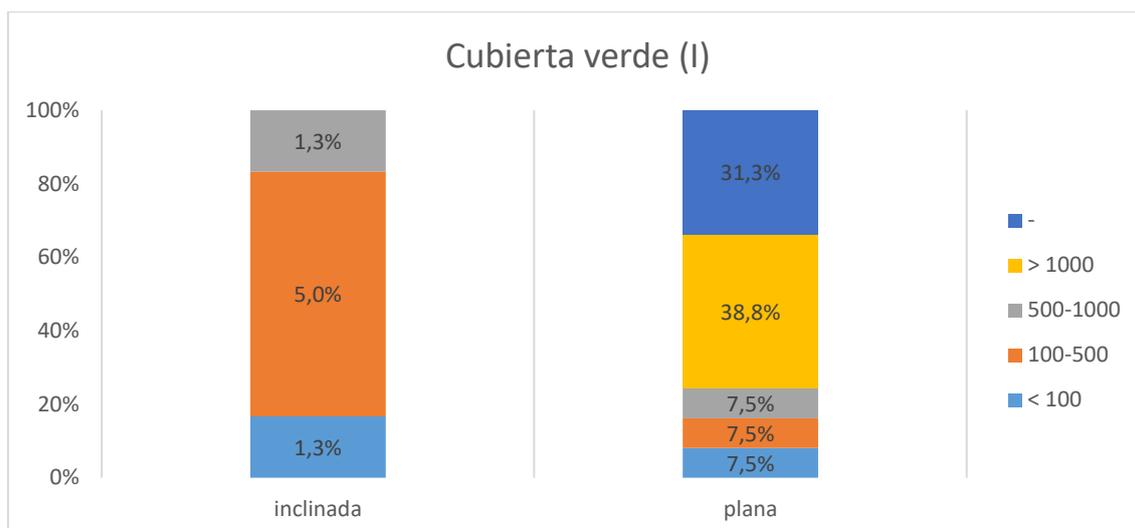


Gráfica 8. Aplicaciones de solar fotovoltaica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta.

En el apartado anterior se ha visto que para la aplicación de cubierta verde la tipología de cubierta predominante es la plana y en cuanto a la superficie mayores de 1000 m<sup>2</sup>, y la tipología de edificio predominante es el no residencial.

El primer análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de cubiertas verdes (Gráfica 9), determina que dentro de las cubiertas inclinadas el tamaño que figura en más ocasiones es entre los 100 y 500 m<sup>2</sup>, lo cual indica que en estos casos no se ha vegetalizado la cubierta en su totalidad, si no que únicamente una parte.

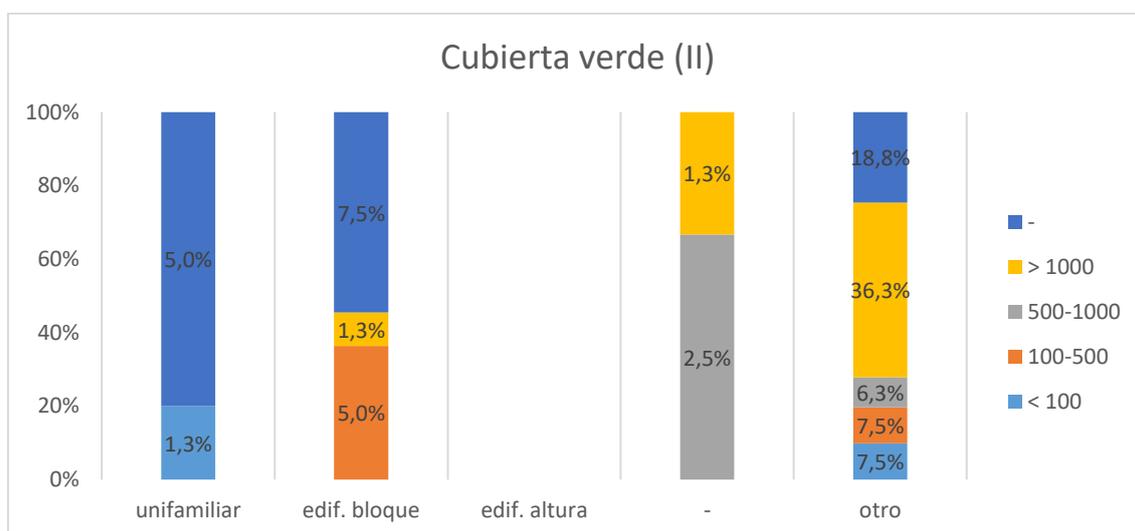
En lo relativo a las cubiertas planas, éstas se dan en superficies de mayor tamaño. Los casos estudiados que aplican cubiertas verdes de esta tipología de cubierta se tratan principalmente de centros comerciales, hospitales o naves industriales, razón por la que se explica este resultado.



Gráfica 9. Aplicaciones de cubierta verde en función de la tipología y superficie de la cubierta.

El segundo análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de cubiertas verdes (Gráfica 10), indica que dentro de los edificios residenciales se dan con mayor frecuencia en edificios en bloque con una superficie entre 100 y 500 m<sup>2</sup>, y que no tienen presencia en los edificios en altura.

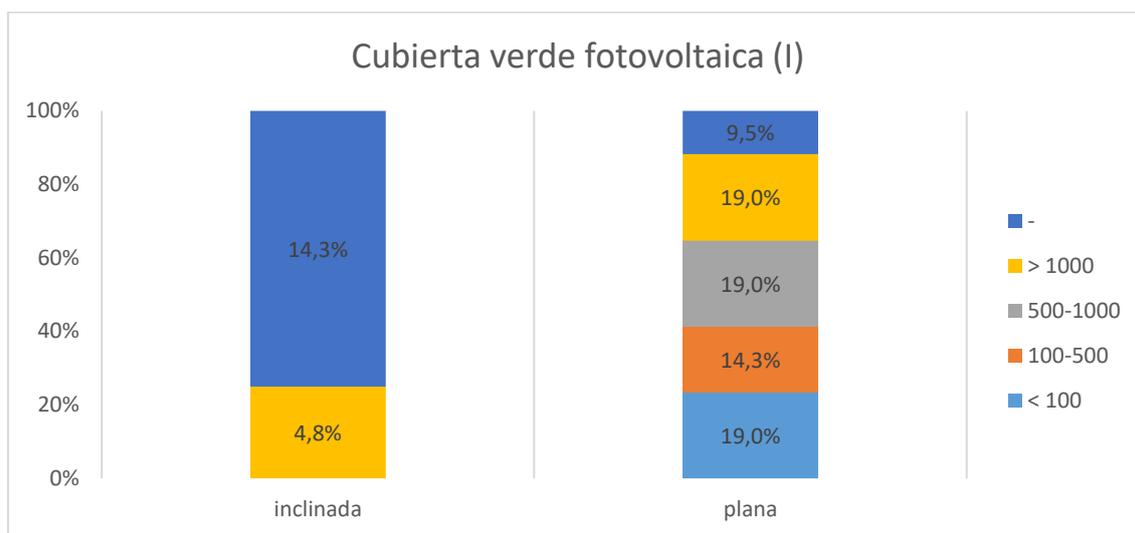
En esta ocasión también resulta destacable que no se han encontrado estudios en los que se trate esta alternativa en edificios residenciales en altura. En este modelo de edificación reside un mayor número de habitantes, por lo que los beneficios de esta tecnología abarcarían una mayor cantidad de beneficiarios.



Gráfica 10. Aplicaciones de cubierta verde en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta.

En el apartado anterior se ha visto que para la aplicación de cubierta verde fotovoltaica la tipología de cubierta predominante es la plana y en cuanto a la superficie mayores de 1000 m<sup>2</sup>, y la tipología de edificio predominante es el no residencial.

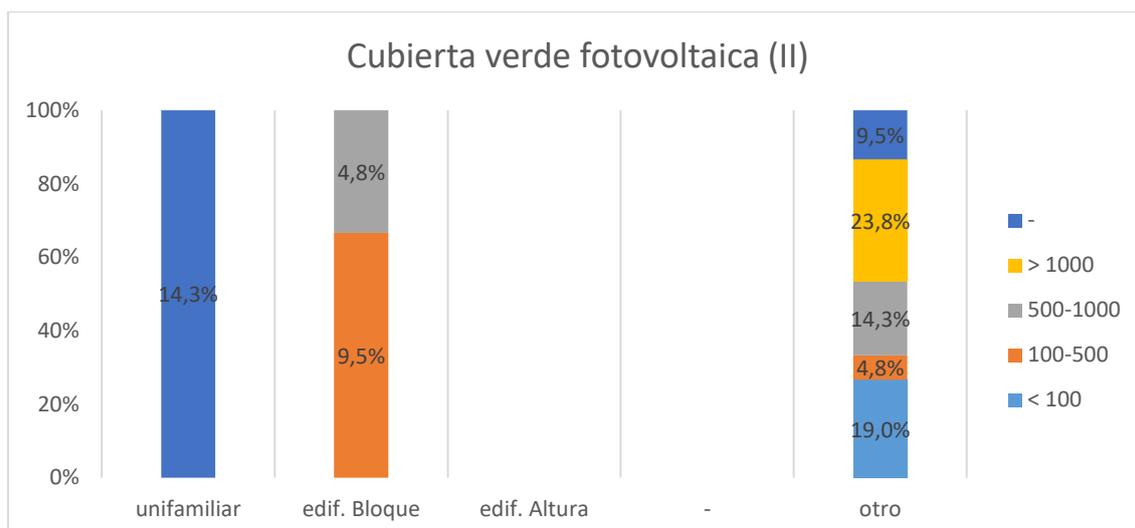
El primer análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de cubiertas verdes fotovoltaicas (*Gráfica 11*), determina que en los casos de cubiertas inclinadas analizados la información no es del todo precisa, ya que la mayor parte de los artículos no indican la superficie de la cubierta analizada. Sin embargo, en el caso de las cubiertas planas, se ve como esta alternativa está presente en ellas indistintamente de su superficie ya que esta tecnología es adaptable al espacio disponible.



Gráfica 11. Aplicaciones de cubierta verde fotovoltaica en función de la tipología y superficie de la cubierta.

El segundo análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de la cubierta verde fotovoltaica (*Gráfica 12*), indica que las cubiertas analizadas en los edificios residenciales en bloque constan de una superficie de tamaño medio, mientras que en los edificios no residenciales esta superficie es mayor.

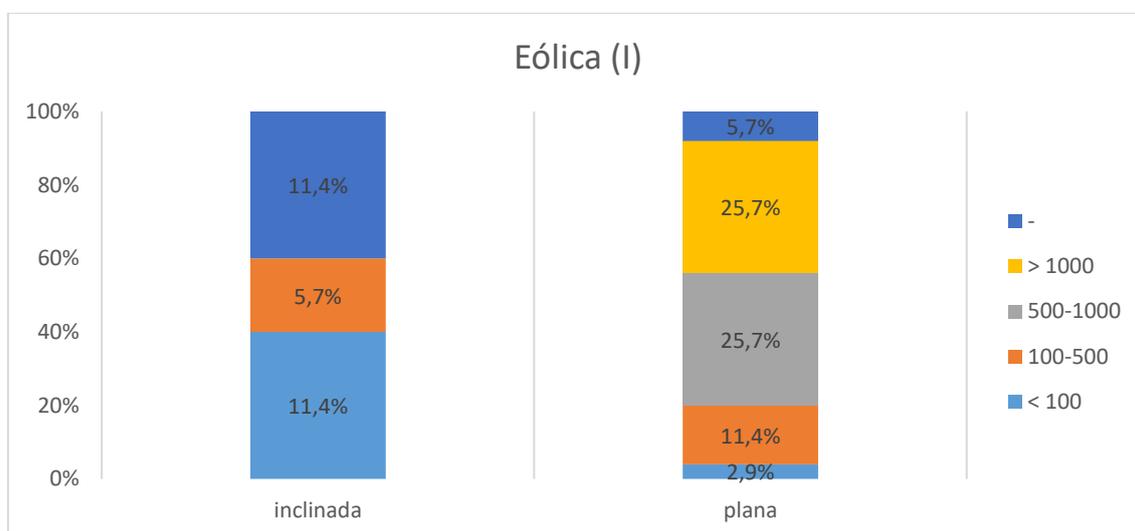
En este caso también resulta destacable que no se han encontrado estudios en los que se trate esta alternativa en edificios residenciales en altura. En esta tipología edificatoria reside un mayor número de habitantes, por lo que los beneficios de esta tecnología abarcarían una mayor cantidad de beneficiarios. Asimismo, se destaca que para la implantación de cubiertas verdes fotovoltaicas todos los edificios analizados han estado clasificados según una tipología concreta, si bien en el caso de las viviendas unifamiliares la superficie de la cubierta no ha estado definida.



Gráfica 12. Aplicaciones de cubierta verde fotovoltaica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta.

En el apartado anterior se ha visto que para la aplicación de eólica la tipología de cubierta predominante es la plana y en cuanto a la superficie entre 500 y 1000 m<sup>2</sup> y mayores de 1000 m<sup>2</sup>, y la tipología de edificio predominante es el no residencial.

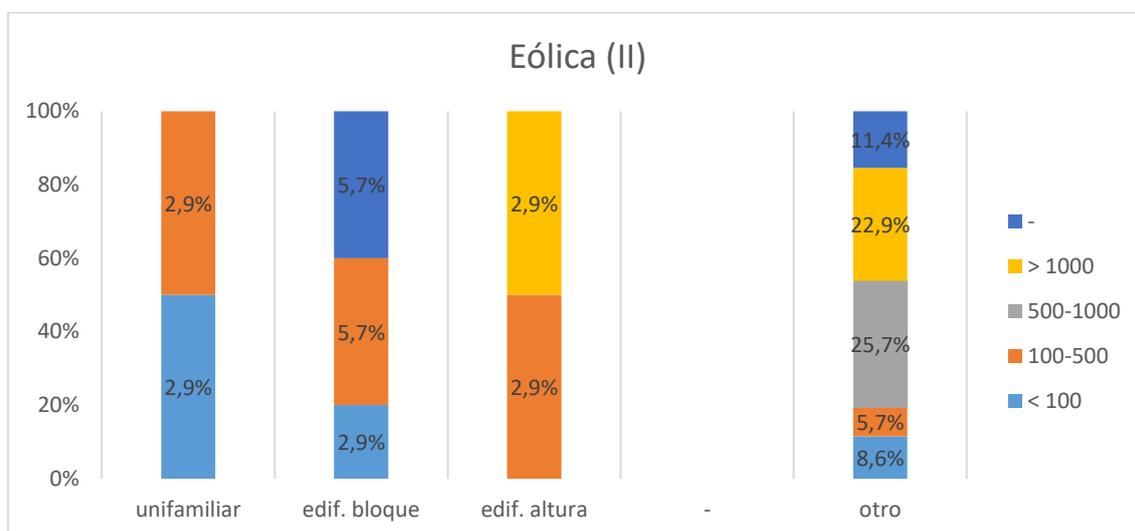
El primer análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de energía eólica (Gráfica 13), determina que la implantación dentro de las cubiertas planas se da con mayor frecuencia en aquellas con una menor área, mientras que en las planas se dan más en cubiertas de superficie media o mayores a 1000 m<sup>2</sup>.



Gráfica 13. Aplicaciones de eólica en función de la tipología y superficie de la cubierta.

El segundo análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de energía eólica (Gráfica 14) indica que, si bien en los edificios unifamiliares y en bloque esta alternativa está presente en superficies pequeñas o medias, en los edificios en altura se incorporan las cubiertas de mayor tamaño. En el caso de los edificios no residenciales las

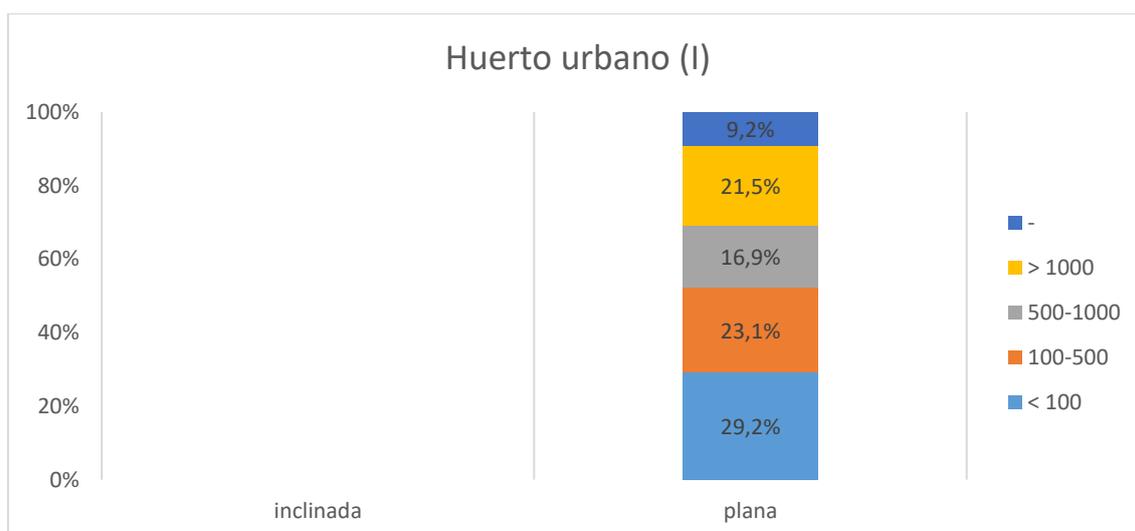
cubiertas más analizadas son de una superficie de tamaño medio. En esta ocasión también se destaca que para la implantación de generadores eólicos en cubiertas todos los edificios analizados han estado clasificados según una tipología concreta.



Gráfica 14. Aplicaciones de eólica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta.

En el apartado anterior se ha visto que para la aplicación de huertos urbanos la única tipología de cubierta es la plana y en cuanto a la superficie menores de 100 m<sup>2</sup>, y la tipología de edificio predominante es el no residencial.

El primer análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de huertos urbanos (Gráfica 15) muestra que se han realizado aplicaciones de esta alternativa en todos los tamaños de superficies, si bien tienen una mayor presencia en aquellas de menor tamaño.

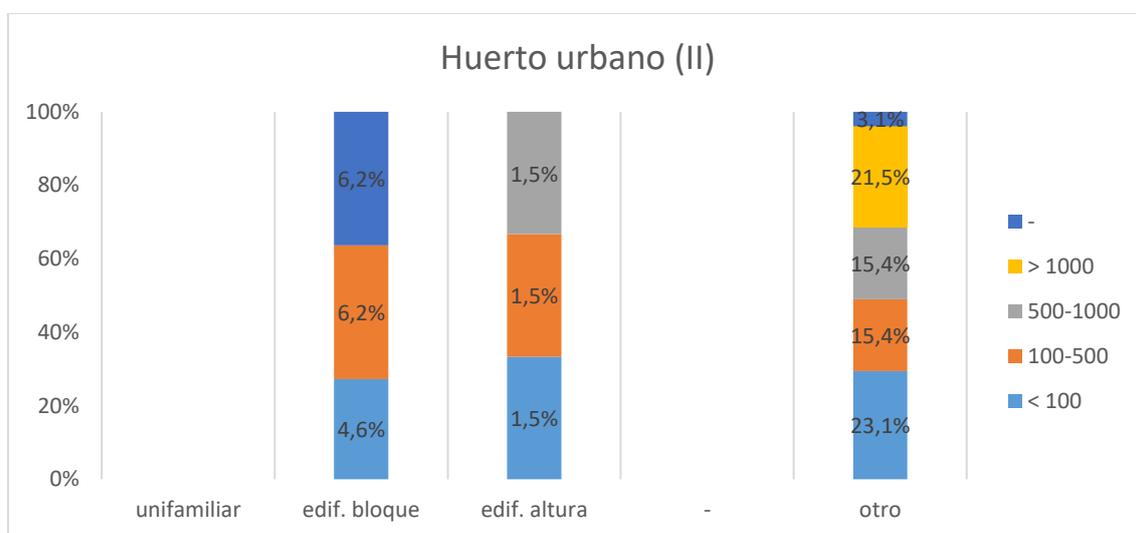


Gráfica 15. Aplicaciones de huertos urbanos en función de la tipología y superficie de la cubierta.

El segundo análisis realizado para los artículos que estudian las aplicaciones de huertos urbanos (Gráfica 16) indica que tanto en los edificios en bloque y en altura las cubiertas

más estudiadas son las de menor tamaño, si bien en este segundo las de superficie media se encuentran representadas en igual medida. En el caso de los edificios no residenciales esta aplicación se da en todos los tamaños de cubierta, si bien tienen una mayor presencia en las de menor tamaño.

En esta ocasión resulta destacable que no se han encontrado estudios en los que se trate esta alternativa en edificios residenciales unifamiliares. Esta tipología resulta interesante para esta aplicación ya que posibilita un gran abastecimiento de alimentos a los habitantes. Asimismo, se destaca que para la implantación de huertos urbanos todos los edificios analizados han estado clasificados según una tipología concreta.



Gráfica 16. Aplicaciones de huertos urbanos en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta.

## 6.2. Aplicación al caso de estudio

Como aplicación práctica del estudio, se han analizado las cubiertas de diferentes edificios de la ciudad de Donostia-San Sebastián para ver su compatibilidad con las diferentes actuaciones extraídas de los artículos analizados.

En este apartado se indica el nivel de viabilidad de cada alternativa estudiada para cada cubierta seleccionada. Se ha seguido el mismo código de colores que en la herramienta de cálculo diseñada: verde para un buen nivel, naranja para medio y rojo para bajo o nulo.

Tal y como se puede ver en las ilustraciones anteriores, en el área estudiada aparecen cubiertas tanto planas como inclinadas, todas ellas con un área total mayor que 100 m<sup>2</sup>. Esto permite que sea posible la puesta en marcha de todas las tecnologías. Sin embargo, se deberá estudiar cada cubierta en concreto para determinar sus posibilidades.

En cuanto a los espacios analizados, tanto las dos piscinas del complejo de Lorea como las cajas de los ascensores presentes en todas las cubiertas se han marcado como espacios de nula viabilidad.

La primera tecnología analizada, aplicaciones de solar fotovoltaica en cubiertas, se ha estudiado que puede ser aplicable en diversas tipologías de cubierta. En las inclinadas, de no poseer la inclinación u orientación adecuada se deberán incluir elementos estructurales para proporcionar la mayor recolección de energía mediante los paneles fotovoltaicos. Esto será siempre necesario en las cubiertas planas. Por ello, en una primera instancia se determina que todas las cubiertas de los edificios son aptas para la implantación de esta tecnología.

No obstante, aunque en un primer análisis general las cubiertas se han identificado únicamente como planas o inclinadas, no todas las cubiertas dentro de cada grupo poseen las mismas características, tal y como se detalla en el *ANEXO I*.

En primer lugar, se analiza su orientación. Las cubiertas de Lorea, al ser planas, permiten que los paneles fotovoltaicos se puedan adaptar a la orientación más adecuada. Estas cubiertas tienen orientaciones adecuadas tanto al suroeste como al sureste, habiéndose descartado aquellas que tienen una componente norte. Además, se deberá tener en cuenta que uno de los edificios de Lorea tiene una composición de la cubierta con diferentes obstrucciones que generan sombras en gran parte de la cubierta, las cuales hacen que no sea adecuada para este uso.

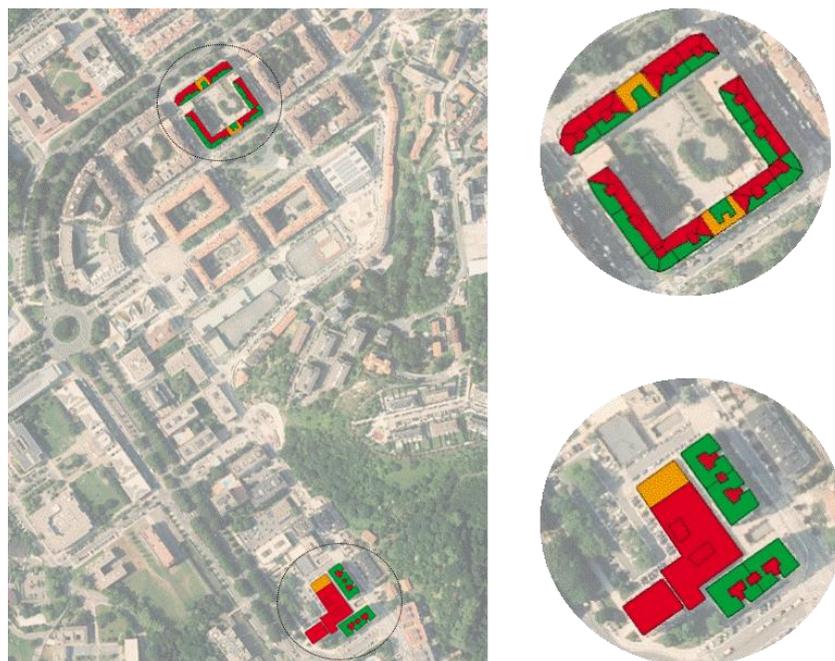
Las cubiertas inclinadas de Benta Berri, al igual que las de Lorea, presentan orientaciones tanto de componente norte como de componente sur. Entre ellas, se han descartado las del primer tipo. Además, por tratarse de espacios pequeños, se ha descartado el área más pequeña de las cubiertas a tres aguas para simplificar el análisis. Las cubiertas planas presentes en este emplazamiento disponen de dos alturas, y teniendo en cuenta que se debe procurar eliminar las sombras proyectadas por los edificios colindantes, este será el lugar más adecuado para la instalación de paneles fotovoltaicos, si bien en la parte inferior su instalación también sería posible.

En segundo lugar, se ha analizado la inclinación de las cubiertas. Teniendo en cuenta que las cubiertas de Lorea son planas, permiten que los paneles fotovoltaicos se puedan adaptar a la inclinación más adecuada. Mediante la herramienta PVGIS (101), se ha determinado que la inclinación óptima para los edificios de Lorea es de 37°.

Las cubiertas inclinadas de Benta Berri presentan una pendiente aproximadamente del 33%, la cual corresponde a un ángulo de 18°. Mediante la herramienta PVGIS (101), se

ha determinado que la inclinación óptima para los edificios de Lorea es de 36°. Por ello, tanto en las cubiertas planas como en las inclinadas se deberán instalar estructuras para optimizar la inclinación. No obstante, en las inclinadas se podrán instalar directamente sobre la cubierta y asumir las pérdidas con respecto al máximo obtenible.

Así, se determina que de los 1300 m<sup>2</sup> útiles de las cubiertas de los edificios de Lorea, el 90% es idóneo para esta aplicación, y de los 2460 m<sup>2</sup> de las de Benta Berri un 49%.



*Ilustración 8. Viabilidad de la instalación de generación solar fotovoltaica.  
Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth, 2021*

En cuanto al espacio denominado como patio, su implantación no será posible en todo el recinto. Se deben tener en cuenta las sombras proyectadas por los edificios y que no dificulten el tránsito de las personas usuarias. Mediante la herramienta *Google Earth* se han analizado las sombras proyectadas a lo largo del día, y se ha determinado que el lugar más adecuado para su instalación es el área ajardinada que se encuentra en el extremo noroeste. El trabajo añadido a la utilización de este espacio es la retirada del área ajardinada o instalar los paneles sobre ella, lo cual presenta beneficios tal y como se ha visto con anterioridad.

Anteriormente se ha mencionado que el clima de Donostia-San Sebastián es un clima con precipitaciones abundantes, razón por la cual la cubierta verde se presenta como beneficiosa. Por un lado, debido a que, si se planta una vegetación autóctona, el sistema de riego será prácticamente innecesario, y por otro porque estas cubiertas permiten mitigar el agua de lluvia absorbiendo la precipitación.

En base a los casos de cubiertas verdes analizados, se ha visto que la mayoría de ellos se dan en edificios con cubiertas planas. Esto se debe a que técnicamente es más sencillo ya que no hay que añadir ningún elemento estructural. No obstante, en las cubiertas inclinadas también es posible instalar esta tecnología. Se deberá tener en cuenta que espacio se está analizando para determinar que tipología es más adecuada.

Teniendo en cuenta el año de construcción de los edificios (edificios en bloque de Lorea 1974, torre de Lorea 1973 y manzana de Benta Berri 1997), se establece que la normativa vigente de Seguridad Estructural de Acciones en la edificación del CTE determina una sobrecarga de uso para las cubiertas con una carga uniforme añadida de 102 kg/m<sup>2</sup> tanto si es transitable accesible solo privadamente como de una inclinación inferior al 36 % (100).

Por ello, tanto en el caso de los edificios de Benta Berri como de Lorea, la cubierta verde más apropiada sería la cubierta verde extensiva. Esta tipología supone una sobrecarga estructural entre 50 y 150 kg/m<sup>2</sup>, asumible por los edificios. Además, permite adaptarse a cualquier cubierta, por lo cual la inclinación no supondría un inconveniente. La vegetación deberá constar de pequeñas plantas, tales como especies de Sedum, vivaces y gramíneas.

Las cubiertas inclinadas de Benta Berri cuentan con una pendiente aproximadamente del 33%, la cual corresponde a un ángulo de 18°. En este caso, al tener una inclinación superior a 10°, se deberán instalar elementos que soporten las fuerzas de empuje, además de un sistema para asegurar una mayor retención de agua y protección contra la erosión.

Así, se determina que de los 1300 m<sup>2</sup> útiles de las cubiertas de los edificios de Lorea, el 90 % es idóneo para esta aplicación, y de los 2460 m<sup>2</sup> de las de Benta Berri un 100%.

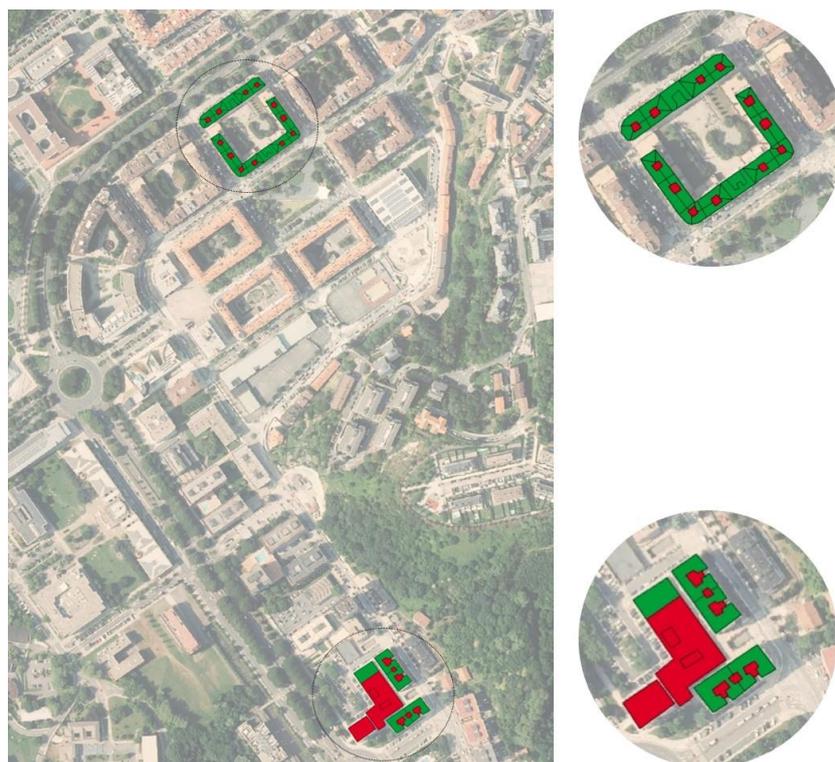


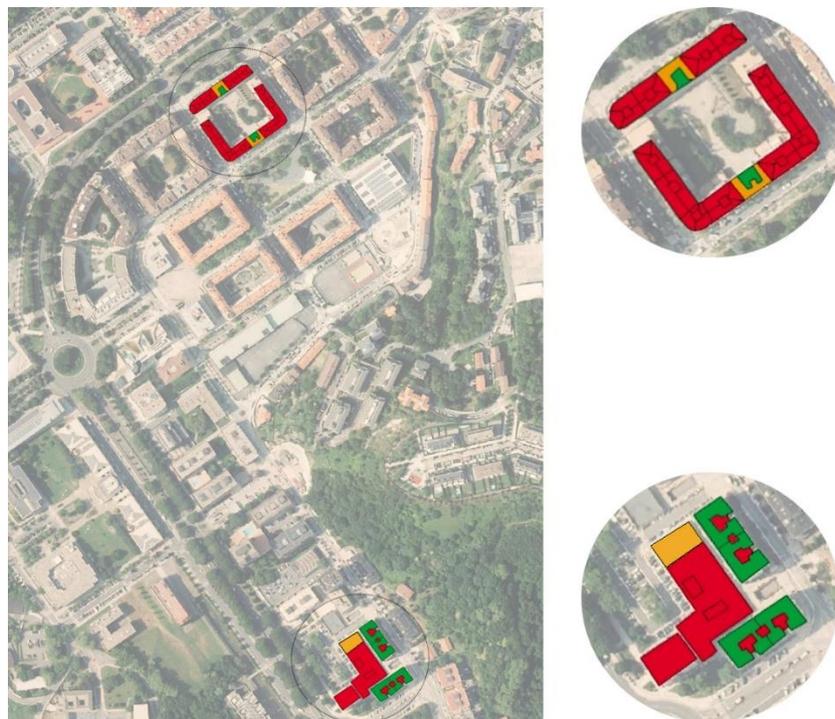
Ilustración 9. Viabilidad de la instalación de cubierta verde.  
Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth, 2021

Para el espacio denominado como patio en el área de Lorea, la cubierta verde adecuada es la intensiva o semi-intensiva. Como se ha mencionado, estas tipologías están pensadas para ser transitadas y usadas por el público como jardín o para un uso recreativo, y la sobrecarga de uso para la que están dimensionados estos espacios es mayor. La vegetación pasa a ser de árboles y arbustos, lo cual la hace más atractiva para el uso. Además, en este lugar se sitúan dos piscinas comunitarias y un amplio espacio en el que poder estar, que al estar rodeado de vegetación resultaría más agradable.

La cubierta verde fotovoltaica, al ser una combinación de dos tecnologías, requiere las necesidades de ambas siendo además más restrictiva. Si bien en los casos analizados aparece en ciertas ocasiones su instalación en cubiertas inclinadas, éstas son de muy baja pendiente ( $< 20\%$ ) ya que en las de mayor pendiente se requiere una infraestructura de gran tamaño. Por ello, se determina que las cubiertas de Benta-Berri no son adecuadas para esta tecnología.

En el caso de Lorea, los edificios residenciales presentan unas cubiertas apropiadas para esta tecnología ya que son planas y espaciales. No obstante, la torre de este conjunto de edificios queda descartada debido a su complejidad constructiva que genera importantes sombras sobre la cubierta.

Así, se determina que de los 1300 m<sup>2</sup> útiles de las cubiertas de los edificios de Lorea, el 90 % es idóneo para esta aplicación, y de los 2460 m<sup>2</sup> de las de Benta Berri un 12 %.



*Ilustración 10. Viabilidad de la instalación de cubierta verde fotovoltaica.  
Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth, 2021*

En los patios esta posibilidad resulta de interés ya que actualmente existe un espacio ajardinado que podría emplearse para este uso tal y como se ha mencionado anteriormente. No obstante, este espacio se utiliza por los residentes para diversos usos como tomar el sol o pasar el rato, lo cual dificultaría la adaptación del lugar. Se podría plantear una separación del espacio o desplazar esta zona de ocio a otro lugar del patio.

Centrando la vista en la altura de los edificios, se observa que para el caso de la manzana de Benta Berri los edificios son de igual elevación que sus colindantes, por lo cual quedan descartados para la aplicación de la tecnología de generación energética mediante energía eólica.

Sin embargo, en el caso de las viviendas de Lorea éstos son más altos que los edificios de su alrededor. Así, se determina que la implantación de las instalaciones de generación de energía mediante eólica será más adecuada en esta segunda localización. Además, también se ha visto que esta instalación es más común en edificios con cubiertas planas. No obstante, en el edificio en altura la instalación será más compleja ya que habrá que tener en cuenta la complejidad constructiva que se ha comentado interfiere también en las tecnologías anteriores.

Así, se determina que de los 1300 m<sup>2</sup> útiles de las cubiertas de los edificios de Lorea, el 90 % es idóneo para esta aplicación y un 10% adecuado, y de los 2460 m<sup>2</sup> de las de Benta Berri un 0%.



*Ilustración 11. Viabilidad de la instalación de generación eólica.  
Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth, 2021*

Para el caso de los patios esta opción queda descartada debido por un lado a que están rodeados por superficies mucho más elevadas y por otro a que son espacios de tránsito que darían lugar a problemas de seguridad y ruido para las personas.

Los huertos urbanos son únicamente aplicables a cubiertas planas accesibles por motivos razonables de estabilidad y seguridad. Por ello, las cubiertas inclinadas de Benta Berri quedan completamente descartadas. En el caso de las cubiertas planas situadas en este emplazamiento, sí que se plantea la posibilidad de la puesta en marcha de estos espacios de ocio.

Tanto las cubiertas de los edificios de Lorea como los patios se presentan como lugares adecuados para el desarrollo de la agricultura urbana. Al instalarse en las cubiertas, únicamente tendrían acceso a ellas los residentes de cada edificio. Así, se reforzarían las relaciones entre el vecindario de cada uno. En el caso de instalarse en los patios, el beneficio social iría más allá ya que permitiría crear comunidad con todos los residentes del grupo de viviendas.

Así mismo, se deberá tener en cuenta que los patios de la manzana son también zonas de tránsito de los residentes, por lo que habrá que delimitar el espacio destinado a este uso. En este caso el edificio que para las anteriores tecnologías se mostraba como una mala opción, para este uso resulta adecuado. Además de ser una cubierta plana y accesible, cuenta con elementos que dan sombra, lo cual hace más agradable la estancia en ella. El uso puede ir más allá de únicamente plantar y cosechar hortalizas, como por ejemplo creando un espacio de comunidad en el que poder compartir diferentes actividades de ocio.

Así, se determina que de los 1300 m<sup>2</sup> útiles de las cubiertas de los edificios de Lorea, el 100 % es idóneo para esta aplicación, y de los 2460 m<sup>2</sup> de las de Benta Berri un 12 %.



Ilustración 12. Viabilidad de la instalación de huerto urbano.  
Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth, 2021

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos en cuanto a la viabilidad de cada tecnología en las cubiertas estudiadas. Cada columna corresponde a cada uno de los edificios cuyos códigos se especifican en el ANEXO I, y cada fila a cada una de las tecnologías analizadas. Como no todas las cubiertas ofrecen las mismas características e incluso una misma cubierta presenta diferentes peculiaridades, las filas se han dividido en dos subfilas. Así se observa como ciertas cubiertas son totalmente adecuadas (verde), otras tienen una idoneidad parcial (naranja) y otras son completamente descartables (rojo).

CÓDIGO EDIFICIO		L						BB														
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
TECNOLOGÍA APROPIADA	Solar fotovoltaica	Green	Green	Green	Green	Red	Yellow	Green														
	Cubierta verde	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Cubierta verde fotovoltaica	Green	Green	Green	Green	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Green	Red	Green	Red							
	Eólica	Green	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	Huerto urbano	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red	Green	Red	Green	Red	Red						

Tabla 4. Tabla resumen de los resultados del estudio.

## **7. PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos tras el análisis de la viabilidad de cada tecnología, se realiza una propuesta de transformación de ambas zonas residenciales combinando las tecnologías adecuadas para cada espacio.

### **7.1. Lorea**

Tal y como se ha visto, en el barrio de Lorea existe la posibilidad de la puesta en marcha de todas las alternativas. Las cubiertas de este espacio ofrecen una mayor oportunidad debido a su tipología plana y espaciosa.

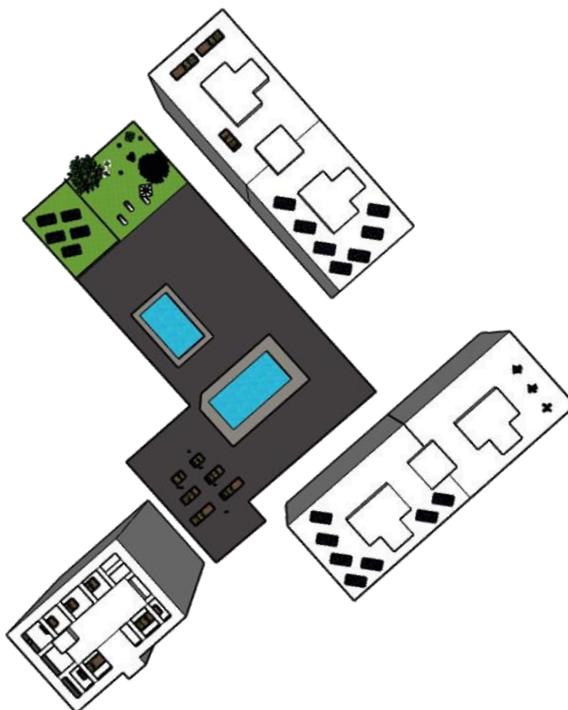
En cuanto a las alternativas relacionadas con la generación de energía, este emplazamiento presenta características apropiadas para la implantación de paneles fotovoltaicos y generadores eólicos, principalmente debido a las cubiertas planas y la altura ventajosa con respecto a los edificios circundantes.

Se deberá tener en cuenta que los paneles fotovoltaicos se sitúen en lugares con pocas sombras y la orientación e inclinación correctas. Los generadores eólicos se colocarán en uno de los extremos del complejo residencial para evitar las turbulencias generadas por los edificios y aprovechar la corriente que se pueda generar en la calle adyacente.

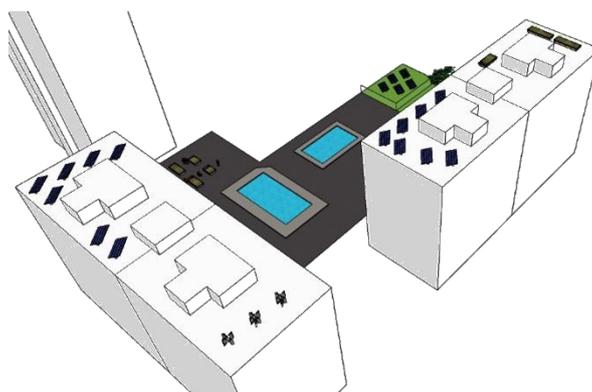
La cubierta verde se plantea combinarla con el espacio ajardinado existente en el patio. De esta forma, se evitan costes y se aprovechan los recursos existentes. La cubierta verde apropiada para este espacio es la cubierta verde extensiva o semi-intensiva. Además, se plantea la opción de combinarla con los generadores fotovoltaicos para aprovechar los beneficios que aporta esta unión. En este caso, se opta por el extremo más alejado de los edificios para evitar al máximo las sombras proyectadas.

La puesta en marcha de huerto urbano en Lorea sería posible en cualquiera de las cubiertas. Se han escogido principalmente el patio y la torre debido a sus mayores ventajas, aunque se abre la posibilidad de integrarla en una de las cubiertas de los bloques residenciales. El espacio del patio permite un mayor número de usuarios y la oportunidad de desarrollar una mayor cohesión social y unión entre el vecindario. El espacio de la cubierta de la torre, con su característica constructiva, proporciona un espacio más agradable para la estancia debido a las sombras que proyecta, además de estar a una mayor elevación del suelo y alejada de la contaminación urbana.

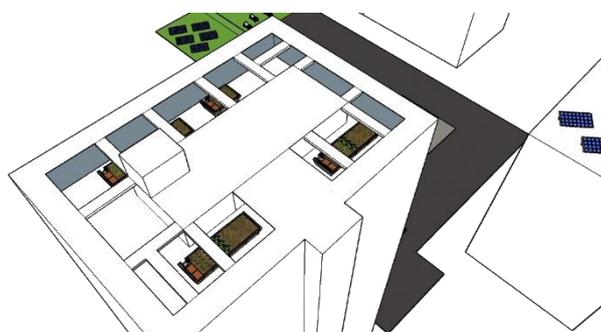
A continuación, se muestra una propuesta gráfica para la transformación de este espacio con la implantación de la tecnología más adecuada para cada cubierta.



*Ilustración 13. Propuesta de transformación de Lorea. Vista en planta.*  
Fuente: elaboración propia



*Ilustración 14. Propuesta de transformación de Lorea. Detalle de los bloques.*  
Fuente: elaboración propia



*Ilustración 15. Propuesta de transformación de Lorea. Detalle de la torre.*  
Fuente: elaboración propia



*Ilustración 16. Propuesta de transformación de Lorea. Detalle del patio.  
Fuente: elaboración propia*

## **7.2. Benta Berri**

En la manzana de Benta Berri, las posibilidades de instalación son más limitadas debido a la presencia de cubiertas inclinadas.

En cuanto a las alternativas relacionadas con la generación de energía en este emplazamiento, se brinda la posibilidad de instalar paneles fotovoltaicos en aquellas cubiertas inclinadas con una orientación con componente sur, y orientándolos en la dirección óptima. En las cubiertas inclinadas restantes se plantea su verdificación mediante la implantación de una cubierta verde intensiva. Tanto los generadores eólicos como la cubierta verde fotovoltaica quedan descartados debido a la tipología de estas cubiertas. Los espacios correspondientes a la tercera agua de las cubiertas inclinadas se han dejado sin transformar ya que suponen un área pequeña.

En las cubiertas planas se repite la posibilidad de instalar paneles fotovoltaicos en las partes más elevadas de éstas, y además se incluye la propuesta de la puesta en marcha de pequeños espacios de huertos urbanos en la parte inferior. Estos edificios con cubiertas planas corresponden a edificios de oficinas, que tras el análisis realizado se ha visto que es más común la puesta en marcha de esta tecnología en esta tipología de edificios que en los residenciales.

A continuación, se muestra una propuesta gráfica para la transformación de este espacio con la implantación de la tecnología más adecuada para cada cubierta.

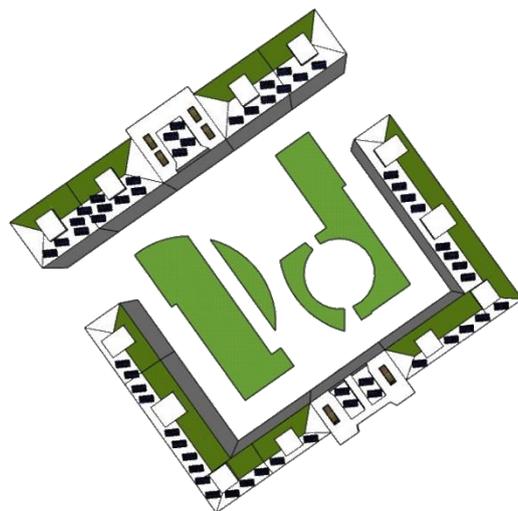


Ilustración 17. Propuesta de transformación de Benta Berri. Vista en planta.  
Fuente: elaboración propia

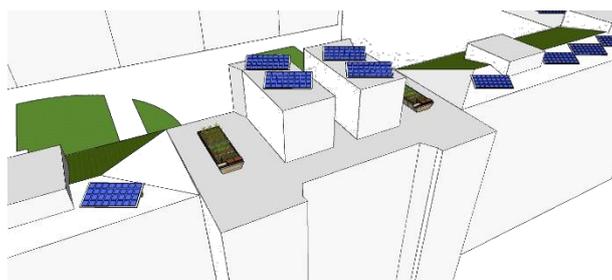


Ilustración 18. Propuesta de transformación de Benta Berri. Detalle de los bloques.  
Fuente: elaboración propia

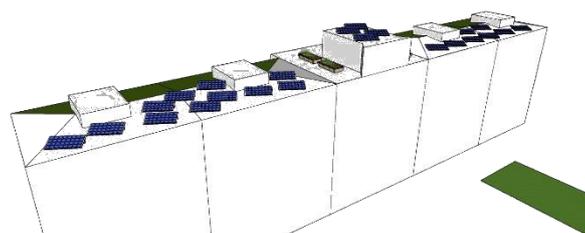


Ilustración 19. Propuesta de transformación de Benta Berri. Detalle de los bloques.  
Fuente: elaboración propia

## **8. CONCLUSIONES**

Con este trabajo se ha querido analizar el papel que pueden jugar las cubiertas a la hora de hablar de la transición energética o de crear unas ciudades más resilientes y pensadas para la ciudadanía. Para ello, en este proyecto se ha llevado a cabo un análisis de diversos artículos que tratan sobre la implantación de diferentes tecnologías en las cubiertas de los edificios existentes: captación de energía solar fotovoltaica, cubierta verde, cubierta verde fotovoltaica, generación energética mediante energía eólica y huerto urbano.

Para poder realizar un estudio homogeneizado de los artículos escogidos, se ha establecido un criterio de búsqueda de la información. Este ha consistido en analizar la información en base a los siguientes parámetros: ubicación, clima, superficie de cubierta, tipología de cubierta, tipología de edificios, número de habitantes y situación dentro de la ciudad.

Posteriormente, se han analizado y clasificado los edificios existentes según su tipología y ubicación con respecto a los edificios circundantes, así como la superficie y tipología de su cubierta, indicadores que se han determinado como críticos a la hora de establecer la viabilidad de la implantación cada tecnología.

En el análisis de la literatura realizado se ha observado que la gran mayoría de los edificios estudiados son edificios no residenciales. Esto se debe principalmente a que la superficie de sus cubiertas es mayor, a que la inversión a realizar se puede costear más fácilmente y a que el acceso a los datos e información de esta tipología de edificios es más asequible. Además, muchos de estos edificios pertenecen a universidades o centros de investigación, los cuales aprovechan sus instalaciones para realizar los estudios.

Las cubiertas planas ofrecen más posibilidades tanto para la instalación como para el uso, aunque se ha visto que no es necesariamente la única solución constructiva adecuada para todas las alternativas. No obstante, para un uso comunitario tal como los huertos urbanos, las cubiertas deben ser necesariamente planas y accesibles. Tal y como se ha visto, los estudios analizados muestran que los edificios no residenciales tienen cubiertas más planas que los destinados a viviendas (*Gráfica 6*).

En cuanto a la captación de energía solar fotovoltaica, la mayoría de casos analizados corresponden a edificios no residenciales de cubiertas de gran tamaño (*Gráfica 8*), si bien en los residenciales el tamaño se reduce debido a la tipología del edificio. La tipología de cubierta más habitual es la plana ya que presenta mayores beneficios, aunque no dista mucho de la frecuencia con la que se instalan en cubiertas inclinadas

(Gráfica 4). Dentro de los edificios residenciales, se da con gran diferencia en las viviendas en bloque (Gráfica 8).

En lo que a la implantación de cubierta verde respecta, su aplicación se da sobre todo en cubiertas planas (Gráfica 4). Tal y como queda reflejado a lo largo de la investigación, en esta tipología se requiere una estructura más simple. La poca presencia de esta tecnología en las viviendas (Gráfica 5) deriva del coste que supone la verificación de la cubierta y su posterior mantenimiento. Por ello, dentro de los edificios residenciales es más común encontrarla en las viviendas en bloque (Gráfica 10).

En lo referente a la cubierta verde fotovoltaica se ha visto que, si bien se da principalmente en los edificios no residenciales con un gran tamaño de cubierta (Gráfica 11), también aparece en áreas más pequeñas y se da de igual manera en edificios residenciales unifamiliares y en bloque (Gráfica 12). Su poca presencia (Gráfica 1) viene dada por el bajo conocimiento técnico que hay acerca de esta tecnología y particularmente en el caso de los edificios residenciales, al igual que en el caso de la cubierta verde, por el gran desembolso económico que suponen.

En cuanto a la generación de energía mediante el aprovechamiento del recurso eólico, su menor presencia en los edificios residenciales (Gráfica 5) viene dada por el rechazo actual que hay por parte de la sociedad hacia la implantación de esta tecnología en las ciudades. Dentro de los edificios residenciales, esta tecnología se da con mayor frecuencia en los edificios en bloque (Gráfica 14) ya que estos cuentan con una mayor superficie de cubierta.

En el caso de los huertos urbanos, se ha visto que principalmente se han analizado casos de edificios no residenciales tales como centros comerciales, centros culinarios o centros educativos (Gráfica 5). En estos dos primeros se busca más un beneficio económico propio para el propietario del mismo, mientras que en el segundo se aboga por un enriquecimiento de la población más joven entorno al aprovechamiento de los recursos y cuidado del medio natural. Esta tecnología se ha integrado con muy poca frecuencia en las cubiertas de los edificios residenciales (Gráfica 5), estrategia interesante a la hora de crear lazos de identidad colectiva o mejorar la resiliencia urbana. No obstante, para la implantación de esta alternativa, la cubierta debe de ser necesariamente plana y accesible, condiciones que no son tan comunes en esta tipología edificatoria (Gráfica 6).

En cuanto al caso de estudio, la ciudad de Donostia-San Sebastián presenta una climatología adecuada para la implantación de cubiertas verdes, ya que sus beneficios resultan especialmente positivos en dicho clima. En relación con la instalación de paneles

fotovoltaicos es sabido que el norte de la península no es el lugar de mayor irradiancia, pero los estudios realizados presentan buenos resultados.

Tal y como se refleja en la *Tabla 4*, el emplazamiento de Lorea presenta las cubiertas más adecuadas. Si bien los edificios en bloque son aptos para todas las alternativas, el edificio residencial en altura presenta más dificultades debido a su característica tipología constructiva (*Ilustración 4*). Su cubierta es apta para la implantación de generación de energía mediante el recurso eólico, y completa y principalmente adecuada para la puesta en marcha del huerto urbano, tal y como sucede en el espacio denominado como patio. Este último lugar presenta potencial para transformar el espacio ajardinado en una cubierta verde transitable, y, teniendo en consideración las sombras que puedan arrojar los edificios colindantes y la seguridad que supone para los residentes, para la puesta en marcha de una instalación de generación energética a través de paneles fotovoltaicos y su combinación con la cubierta verde.

De igual manera, y según se ve en la *Tabla 4*, la manzana del barrio de Benta Berri cuenta con cubiertas no tan idóneas como las de Lorea pero que permiten la implantación de diferentes alternativas. Entre ellas destacan la captación de energía solar fotovoltaica en aquellas cubiertas con la orientación apropiada y adecuando la inclinación de los paneles, y la vegetalización de las cubiertas. La puesta en marcha de los huertos urbanos se ubica en aquellas cubiertas planas que corresponden a los edificios que albergan oficinas. Tanto el aprovechamiento del recurso eólico como la implantación de la cubierta verde fotovoltaica quedan completamente descartadas, debido a la tipología de las cubiertas (en el caso de las inclinadas) y la poca diferencia de altura con respecto de los edificios colindantes.

Hablando en términos generales, en el ámbito de las ciudades la tecnología asociada a la generación energética más desarrollada es la generación mediante la captación de energía solar. Hay un gran conocimiento acerca de su funcionamiento y la sociedad está concienciada acerca de los beneficios que supone poder generar y consumir su propia energía. Se ha hecho una gran labor por abrir el acceso a las energías renovables mediante esta tecnología. No obstante, para maximizar el rendimiento se deberán escoger aquellas cubiertas con una orientación e inclinación adecuadas, siempre con la posibilidad de adaptar el sistema.

La otra alternativa estudiada en relación a la generación de energía, mediante el aprovechamiento del recurso eólico, actualmente no tiene tanta presencia en las ciudades. Esto se debe a que no está socialmente aceptada, principalmente debido al

ruido que generan y la inseguridad que suponen tanto para las aves como para las personas.

En cuanto a las alternativas que ofrecen la vegetalización de las cubiertas, la opción de instalar una cubierta verde en los edificios aparece como una alternativa adecuada y aceptada. Las diferentes características que presentan las diversas tipologías de cubiertas verdes posibilitan su instalación en una gran variedad de edificios. En función de la climatología la cubierta verde será más o menos beneficiosa, si bien en cada clima los beneficios serán diferentes: en un clima con grandes precipitaciones la cubierta verde ayudará a retener el agua de lluvia, mientras que en uno caluroso permitirá mantener una temperatura adecuada en el interior.

En lo que a la cubierta verde fotovoltaica respecta, al igual que sucede con las instalaciones de energía solar fotovoltaica, influirán tanto la climatología como la orientación e inclinación de la cubierta. Por cuestiones estructurales, será más sencilla su implementación en cubiertas planas, que, como se ha estudiado, es en las que más se presenta.

Por último, y en lo referente a los huertos urbanos en las azoteas, estos ofrecen un gran potencial para crear ciudades más cohesionadas y resilientes. Se ha visto que no es tan habitual encontrarlos en edificios residenciales, pero estos son clave a la hora de apostar por los objetivos mencionados. Es verdad que al necesitar que las cubiertas sean planas y accesibles las viviendas no presentan mayoritariamente estas características. Sin embargo, sí que existen esta tipología de edificios (residenciales con cubiertas planas) en los que se podría incentivar este uso.

## **9. INVESTIGACIONES FUTURAS**

Una vez desarrollado y finalizado este proyecto, se han determinado diferentes líneas de investigación que se han establecido como potencialmente interesantes para desarrollar en trabajos futuros.

Entre dichos estudios, se plantean las siguientes validaciones:

- Investigar en mayor profundidad los beneficios e inconvenientes de la cubierta verde fotovoltaica en las ciudades. Como se ha visto, esta tecnología no está ampliamente investigada. Presenta importantes beneficios en cuanto al rendimiento tanto de la cubierta como de la generación de energía, beneficios que se podrían explotar más si se tuviera un mayor conocimiento sobre su comportamiento. Además, también se ha visto que presenta inconvenientes a los que se les podría dar solución.
- Realizar más pruebas relativas al comportamiento del viento en las ciudades. Estas generan corredores de viento que, si se aprovechan bien, pueden llegar a mejorar en gran medida el rendimiento de las instalaciones de generación energética mediante el recurso eólico.
- Caracterizar y tipificar las cubiertas de los edificios existentes. De esta forma se podría realizar un estudio de la viabilidad de todas las cubiertas de la ciudad tanto para las alternativas propuestas como para cualquier otra que aporte beneficios a la sociedad y al medio ambiente.
- Profundizar en el estudio del papel que juegan los huertos urbanos en las azoteas comunitarias para fortalecer los lazos de identidad y nexos entre el vecindario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. *World Urbanization Prospects: The 2017 Revision*. 2017.
2. Organización de las Naciones Unidas. *World Cities Report 2016: Urbanization and Development – Emerging Futures*. 2016.
3. Organización Mundial de la Salud. *Directrices de la OMS sobre vivienda y salud: resumen de orientación*. 2018.
4. Organización de las Naciones Unidas. Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano. *Desafíos globales. Población*. [En línea] 2019. <https://www.un.org/es/global-issues/population>.
5. *Heat stress and public health: A critical review*. Sari Kovats, R y Hajat, Shakoor . 2008, Annual Review of Public Health, Vol. 29, págs. 41-55.
6. International Energy Outlook. *U.S. Energy Information Administration*. 2019.
7. *Photovoltaic-green roofs: A review of benefits, limitations, and trends*. Shafique, Muhammad, Luo, Xiaowei y Zuo, Jian. 2020, Solar Energy, Vol. 202, págs. 485-497.
8. Bazán Andía, José Alejandro. Autosuficiencia energética, hídrica y alimentaria en ambientes urbanos: aplicación en la cubierta. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. 2018.
9. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE. *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021 2030*. 2019.
10. Autoconsumo energético del sector residencial en España: una oportunidad para la modernización de la economía, propiciando la penetración de las energías renovables. García Monti, Luis Alberto. *Calendario meteorológico*. s.l.: Agencia Estatal de Meteorología, 2019. págs. 292-307.
11. *Wind energy potential and micro-turbine performance analysis in Djibouti-city, Djibouti*. Ibrahim Idriss, Abdoukader, y otros. 1, 2020, Engineering Science and Technology, an International Journal, Vol. 23, págs. 65-70.
12. *El aumento de la demanda de energía mantiene disparadas las emisiones de CO2 en el mundo*. Mosquera, Pepa. 2019, Energías Renovables.

- 13.** *Recycling of waste glass as aggregate in cement-based materials.* Harrison, Edward, Berenjian, Aydin y Seifan, Mostafa. 2020, *Environmental Science and Ecotechnology*, Vol. 4.
- 14.** *Managing Glass Waste in Energy Efficient Building Retrofitting: Barriers and Opportunities for a Circular Economy.* Souviron, J y Khan, Z. 2020. World Sustainable Built Environment conference.
- 15.** *Green roofs to reduce building energy use? A review on key structural factors of green roofs and their effects on urban climate.* Susca, Tiziana. 2019, *Building and Environment*, Vol. 162.
- 16.** Organización de las Naciones Unidas. Crónica ONU. *La energía urbana sostenible es el futuro.* [En línea] <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-energia-urbana-sostenible-es-el-futuro>.
- 17.** Observatorio de las Ocupaciones del Servicio Público de Empleo Estatal. Estudio Prospectivo de las Energías Renovables. [ed.] Servicio Público de Empleo Estatal. 2010. 794-10-039-8.
- 18.** Sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a viviendas residenciales en entorno urbano. Sánchez Pacheco, Carlos. 2010.
- 19.** Tecnologías de Generación Distribuida. *UPV/EHU*. San Martín, Jose Ignacio. 2018.
- 20.** *Cultivar la resiliencia. Los aportes de la agricultura urbana a las ciudades en transición.* Fernández Casadevante, José Luis y Morán Alonso, Nerea. 2012, *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*.
- 21.** *Transforming rooftops into productive urban spaces in the Mediterranean. An LCA comparison of agri-urban production and photovoltaic energy generation.* Corcelli, F, y otros. 2019, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 144, págs. 321-336.
- 22.** Restoration of the Army built heritage. Flat roofs rehabilitation and technology of Army buildings. Lisboa : Instituto Superior Técnico. Fernandes Poça, Bruno João. 2015.
- 23.** Análisis de la Cubierta Plana Como Espacio Habitable y su Contribución en la Protección Solar del Edificio. Aplicación en climas secos semiáridos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. Chacón Flores, Luis Roberto. *Recuperando la cubierta*. 2014.

- 24.** Gobierno de España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica.* 2008. págs. 9117-39125, Boletín Oficial del Estado.
- 25.** *Diccionario visual de la arquitectura.* s.l. : Gustavo Gili , 1997. 968-887-339-X. D. K. Ching, Francis.
- 26.** Real Academia Española (RAE). *Diccionario de la lengua española.* [En línea] 2021. <https://www.rae.es/>.
- 27.** *Habitar la cubierta - Dwellings on the roof.* Martínez, Andrés. 2005. 84-252-1989-2.
- 28.** *La cubierta plana, un paseo por su historia.* s.l. : Texsa y Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Graus, Ramón. 2005.
- 29.** *Habitar la cubierta como espacio urbano. El crecimiento de la ciudad mediante la circulación y el programa en cubierta.* Universidad Francisco de Vitoria. Madrid. Díez Gómez, Enrique. 2015.
- 30.** *Cubiertas: nuevos usos. El potencial de la quinta fachada.* Revista Tectónica. Tectónica, Vol. 34.
- 31.** *Sustainable Design of Urban Rooftop Food-Energy-Land Nexus.* Jing, Rui, Hastings, Astley y Guo, Miao. 11, 2020, iScience, Vol. 23.
- 32.** *Adaptation of a photovoltaic energy balance model for rooftop applications.* Heusinger, Jannik, y otros. 2021, Building and Environment, Vol. 192.
- 33.** *Estimating solar energy potentials on pitched roofs.* Li, Yan y Liu, Chunlu. 2017, Energy and Buildings, Vol. 139, págs. 101-107.
- 34.** *A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system.* Aman, M.M., y otros. 2015, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 41, págs. 1190-1204.
- 35.** *The role of residential rooftop photovoltaic in long-term energy and climate scenarios.* Gernaat, David E.H.J., y otros. 2020, Applied Energy, Vol. 279.
- 36.** *La energía solar fotovoltaica en España.* Espejo Marín, Cayetano. Universidad de Murcia : s.n., 2004, NIMBUS, Vol. 13, págs. 5-31. 1139-7136.

- 37.** Red Eléctrica de España. *Las renovables alcanzan el 43,6% de la generación de energía eléctrica en 2020, su mayor cuota desde que existen registros.* 2020. [En línea] <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2020/12/las-renovables-alcanzan-el-43-6-por-ciento-de-la-generacion-de-2020-su-mayor-cuota-desde-existen-registros>.
- 38.** Unión Española Fotovoltaica. *El sector fotovoltaico en España.* 2021. [En línea] <https://unef.es/el-sector-fotovoltaico-en-espana/>.
- 39.** *Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools.* Hofierka, Jaroslav y Kaňuk, Ján. 10, 2009, *Renewable Energy*, Vol. 34, págs. 2206-2214.
- 40.** *Solar cell efficiency tables (Version 53).* A. Green, Martin, y otros. 2018.
- 41.** Alonso Gonzalez, Carmelo. *Energía Solar Fotovoltaica.* UPV/EHU. 2018.
- 42.** *Building integrated photovoltaics (BIPV): review, potentials, barriers and myths.* Heinsteint, Patrick, Ballif, Christophe y Perret-Aebi, Laure Emmanuelle. 2, 2013, *Green*, Vol. 3, págs. 125-156.
- 43.** *Optimal design of photovoltaic energy collectors with mutual shading for pre-existing building roofs.* Martínez Rubio, A, Sanz Adan, F. y Santamaria, J. 2015, *Renewable Energy*, Vol. 78, págs. 666-678.
- 44.** *Urban agriculture of the future: an overview of sustainability aspects of food production in and on buildings.* Specht, Kathrin, y otros. 2014, *Agriculture and Human Values*, Vol. 31, págs. 33-51.
- 45.** *Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos.* s.l. : Editorial Fin de Siglo. Gernot, Minke. 2004.
- 46.** *Las cubiertas verdes y su implicación en las estructuras, desde el punto de vista del diseño, lo económico y la sostenibilidad ambiental.* Universidad Militar Nueva Granada. Albarracín Novoa, W. 2016.
- 47.** ZinCo Cubiertas Ecológicas. *Sistemas para cubiertas verdes. Cubiertas verdes extensivas.* 2021. [En línea] <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/cubiertas-verdes-extensivas>.
- 48.** *The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review.* Cristiano, E., Deidda, R. y Viola, F. 2021, *Science of the Total Environment*, Vol. 756.

- 49.** *Green roof benefits, opportunities and challenges – A review.* Shafique, M., Kim, R. y Rafi, M. 2018, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 90.
- 50.** *Optimizando el potencial de techos verdes para la rehabilitación energética de edificios: interacción entre sustratos reciclados, propiedades hídricas y eficiencia energética.* Universidad de Córdoba, y otros. 2015.
- 51.** *The green roof challenge.* Patel, A. 9, 2007, *Structural Engineers*, Vol. 85, págs. 29-30.
- 52.** *Eco-solutions for urban environments regeneration: The economic value of green roofs.* Teotónio, Inés, Matos Silva, Cristina y Oliveira Cruz, Carlos. 2018, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 199, págs. 121-135.
- 53.** Climate Change & Infectious Diseases Group. Climate Data. *Observed and Projected Climate Shifts 1901-2100. Depicted by World Maps Of The Köppen-Geiger Climate Classification.* 2019. [En línea] <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/shifts.htm>.
- 54.** *Do green roofs really provide significant energy saving in a Mediterranean climate? Critical evaluation based on different case studies.* Fantozzi, Fabio, y otros. 2021, *Frontiers of Architectural Research*.
- 55.** *Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning?* Ascione, Fabrizio, y otros. 2013, *Applied Energy*, Vol. 104, págs. 845-859.
- 56.** *Towards a green sustainable strategy for Mediterranean cities: Assessing the benefits of large-scale green roofs implementation in Thessaloniki, Northern Greece, using environmental modelling, GIS and very high spatial resolution remote sensing data.* Karteris, Marinos, y otros. 2016, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 58, págs. 510-525.
- 57.** *Estudio de alternativas para la construcción de cubiertas verdes en Cantabria.* Universidad de Cantabria. Rodríguez-Parets Maleras, G. 2014.
- 58.** *Análisis de la viabilidad técnica de la implementación de cubiertas verdes en Zaragoza.* Escuela Universitaria Politécnica La Almunia. Álvarez Cano, A.M. 2019.
- 59.** ZinCo Cubiertas Ecológicas. *Sistemas para cubiertas verdes. Cubiertas verdes intensivas.* 2021. [En línea] <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/cubiertas-verdes-intensivas>.

- 60.** *Procesos de mantenimiento y cuidado de las cubiertas verdes en edificaciones en la ciudad de Bogotá.* Universidad la Gran Colombia. Facultad de Arquitectura. Solano Buitrago, O.I. 2019.
- 61.** *Green Roofs Over Dublin.* Van Lennep, E. y Finn, S. 2008.
- 62.** *Modeling impacts of roof reflectivity, integrated photovoltaic panels and green roof systems on sensible heat flux into the urban environment.* Scherba, Adam, y otros. 12, 2011, *Building and Environment*, Vol. 46, págs. 2542-2551.
- 63.** *Photovoltaic-green roofs: An experimental evaluation of system performance.* Chemisana, D. y Lamnatou, Chr. 2014, *Applied Energy*, Vol. 119, págs. 246-256.
- 64.** *Integration of green roof and solar photovoltaic systems. Proceedings of Joint Symposium 2011: Integrated Building Design in the New Era of Sustainability.* Hui, S.C.M. y Chan, S.C. 2011.
- 65.** *ZinCo Cubiertas Ecológicas. Energía solar y cubiertas verdes.* 2020. [En línea] <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas/energia-solar-y-cubiertas-verdes>.
- 66.** *Cubiertas verdes. Terrazas ajardinadas con placas solares.* 2018. [En línea] <https://www.cubiertasverdes.es/terrazas-ajardinadas-con-placas-solares/>.
- 67.** *Interaction between PV-systems and extensive green roofs. The Fifth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Friends of the Mississippi River, Minneapolis, MN.* Kohler, M., Feige, R. y Wiartalla, W. 2007. págs. 1-10.
- 68.** *Analysis of photovoltaic-green roofs in OSTIM industrial zone.* Cem Catalbas, Mehmet, Kocak, Belgin y Yenipinar, Burak. 27, 2021, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 46, págs. 14844-14856.
- 69.** *An experimental and modeling study of evapotranspiration from integrated green roof photovoltaic systems.* Jahanfar, Ali, y otros. 2020, *Ecological Engineering*, Vol. 152.
- 70.** *An experimental investigation into the influence of unsteady wind on the performance of a vertical axis wind turbine.* Danao, Louis Angelo, Eboibi, Okeoghene y Howell, Robert. 2013, *Applied Energy*, Vol. 107, págs. 403-411.
- 71.** *Effect of roof shape, wind direction, building height and urban configuration on the energy yield and positioning of roof mounted wind turbines.* Abohela, Islam, Hamza, Neveen y Dudek, Steven. 2013, *Renewable Energy*, Vol. 50, págs. 1106-1118.

- 72.** *Wind power potential assessment of roof mounted wind turbines in cities.* Zabarjad Shiraz, Maryam, Dilimulati, Aierken y Paraschivoiu, Marius. 2020, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 53.
- 73.** *A technical review of building-mounted wind power systems and a sample simulation model.* Ayhan, Dursun y Sağlam, Şafak. 1, 2012, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16.
- 74.** *Wind energy potential and micro-turbine performance analysis in Djibouti-city, Djibouti.* Ibrahim Idriss, Abdoukader, y otros. 1, 2020, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, Vol. 23, págs. 65-70.
- 75.** *A framework for preliminary large-scale urban wind energy potential assessment: Roof-mounted wind turbines.* Rezaeiha, Abdolrahim, Montazeri, Hamid y Blocken, Bert. 2020, *Energy Conversion and Management*, Vol. 214.
- 76.** Blackmore, Paul. *Building Mounted Micro-wind Turbines on High Rise and Commercial Buildings.* IHS BRE Press. 2010.
- 77.** *Numerical Investigation of Wind Conditions for Roof-Mounted Wind Turbines: Effects of Wind Direction and Horizontal Aspect Ratio of a High-Rise Cuboid Building.* Kono, Takaaki, Kogaki, Tetsuya y Kiwata, Takahiro. 11, 2016, *Energies*, Vol. 9, pág. 907.
- 78.** *Microeolic turbines in the built environment: Influence of the installation site on the potential energy yield.* Balduzzi, Francesco, Bianchini, Alessandro y Ferrari, Lorenzo. 2012, *Renewable Energy*, Vol. 45, págs. 163-174.
- 79.** *Rooftop Siting of a Small Wind Turbine Using a Hybrid BEM-CFD Model.* Balduzzi, F., y otros. [ed.] Cham Springer. 2018. *Wind Energy Exploitation in Urban Environment.* TurbWind 2017. *Green Energy and Technology*. págs. 91-112.
- 80.** *Aprovechamiento de la energía eólica en ambientes urbanos.* Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Instituto Politécnico de Leiria. Peña Banegas, Diego Patricio. 2017.
- 81.** *Could Renewable Energy Affect the Form of the City? Case Study on the Wind Energy Considerations.* Abdel Aziz, Tamer y Elmassah, Osama. 2012, *Energy Procedia*, Vol. 18, págs. 276-290.
- 82.** *Servicios Energéticos Renovables: Fotovoltaica, Mini-Eólica y Eficiencia Energética en Entornos Urbanos.* Escuela de Organización Industrial, EOI. Madrid. Camino, Federico, y otros. 2012.

- 83.** *Effect of turbulence on the performance of VAWTs: An experimental study in two different wind tunnels.* Molina, Andreu Carbó, y otros. 2019, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 193.
- 84.** FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Enfoques. *Cuestiones de la agricultura urbana.* 1999. [En línea] <http://www.fao.org/ag/esp/revista/9901sp2.htm>.
- 85.** *Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna.* Orsini, Francesco, y otros. 2014, Food Security , Vol. 6, págs. 781-792.
- 86.** *Harvest to harvest: Recovering nutrients with New Sanitation systems for reuse in Urban Agriculture.* Wielemaker, Rosanne C., Weijma, Jan y Zeeman, Grietje. 2018, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 128, págs. 426-437.
- 87.** Food, Jobs and Sustainable Cities. *Urban Agriculture: Food, Jobs and Sustainable Cities.* s.l. : The Urban Agriculture Network, Inc. Published with permission from the United Nations Development Programme, 2001. Smit, Jac, Nasr, Joe y Ratta, Annu. Vol. Chapter 2. Urban Agriculture Yesterday and Today.
- 88.** *Una azotea verde comunitaria: Proyecto inclusivo para sintechos y estudiantes en Viena, Austria.* Lehner, Daniela. 2017, Revista AUS, Vol. 22, págs. 72-77.
- 89.** *Nos plantamos! Urbanismo participativo y agricultura urbana en los huertos comunitarios de Madrid.* Fernández de Casadevante, José Luis y Morán Alonso, Nerea. 2012, Hábitat y Sociedad, Vol. 4, págs. 55-71.
- 90.** *Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual.* Hermi Zaar, Miriam. 944, 2011, Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales, Vol. 16. 1138-9796.
- 91.** *Home gardening and urban agriculture for advancing food and nutritional security in response to the COVID-19 pandemic.* Lal, Rattan. 2020, Food Security, Vol. 12, págs. 871-876.
- 92.** Cubiertas verdes. Jardines ecológicos en azoteas. 2018. [En línea] <https://www.cubiertasverdes.es/jardines-ecologicos-en-azoteas/>.
- 93.** *Cultiver sur les toits : De l'utopie à la conduite technique. 7ème Rencontres du Végétal - Santé et environnement : des défis pour le recherche et l'expérimentation en végétal spécialisé.* Aubry, Christine y Bel, Nicolas. 2013.

- 94.** *A case study of air quality above an urban roof top vegetable farm.* Tong, Zheming, y otros. A, 2016, *Environmental Pollution*, Vol. 208, págs. 256-260.
- 95.** Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Valores climatológicos normales. Donostia/San Sebastián, Igueldo. [En línea] <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=1024E&k=pva>.
- 96.** Gobierno Vasco. geoEuskadi. *Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Euskadi.* 2020. [En línea] [http://www.geo.euskadi.eus/cartografia/DatosDescarga/Cartografia\\_Basica/BTA\\_por\\_hojas/](http://www.geo.euskadi.eus/cartografia/DatosDescarga/Cartografia_Basica/BTA_por_hojas/).
- 97.** Diputación Foral de Gipuzkoa. Bienes inmuebles de Gipuzkoa - Catastro urbano. 2020. [En línea] <http://www4.gipuzkoa.net/ogasuna/catastro/porDP.asp>.
- 98.** EUSTAT Instituto Vasco de Estadística. Viviendas familiares principales de la C.A. de Euskadi por ámbitos territoriales y número de residentes. 2019. [En línea] [https://www.eustat.eus/elementos/ele0013600/viviendas-familiares-principales-de-la-ca-de-euskadi-por-ambitos-territoriales-y-numero-de-residentes/tblo013621\\_c.html](https://www.eustat.eus/elementos/ele0013600/viviendas-familiares-principales-de-la-ca-de-euskadi-por-ambitos-territoriales-y-numero-de-residentes/tblo013621_c.html).
- 99.** Climate Data. *País Vasco Clima.* [En línea] <https://es.climate-data.org/europe/espana/pais-vasco-279/>.
- 100.** Código Técnico de la Edificación (CTE). *Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE).* 2006.
- 101.** *Numerical investigation of wind conditions over a rectangular prism-shaped building for mounting small wind turbines.* Kono, Takaaki y Kogaki, Tetsuya. 2012, *Wind Engineering*, Vol. 36, págs. 111-121.
- 102.** European Commission. Photovoltaic Geographical Information System. 2019. [En línea] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP).
- 103.** *Análisis energético de un sistema fotovoltaico integrado a una cubierta plana horizontal.* Liomnis Osorio, Laurencio y Reineris Montero, Laurencio. 1, 2016, *Ingeniería Energética*, Vol. 37.
- 104.** *Determining optimum tilt angles and orientations of photovoltaic panels in Sanliurfa, Turkey.* Kacira, Murat, y otros. 8, 2004, *Renewable Energy*, Vol. 29, págs. 1265-1275.

- 105.** *A comparison of the cost and financial returns for solar photovoltaic systems installed by businesses in different locations across the United States.* D.Swift, Kenton. 2013, *Renewable Energy*, Vol. 57, págs. 137-143.
- 106.** *Large scale integration of photovoltaics in cities.* Strzalka, Aneta, y otros. 2012, *Applied Energy*, Vol. 93, págs. 413-421.
- 107.** *Methodology for estimating the rooftop solar feasibility on an urban scale.* School of Architecture and Landscape Architecture. Arizona State University. American Solar Energy Society. Harvey, Bryan, y otros. 2010.
- 108.** *Putting solar energy on the urban map: a new GIS-based approach for dwellings.* Gadsden, Stuart, Rylatt, Mark y Lomas, Kevin. 5, 2003, *Solar Energy*, Vol. 74.
- 109.** *Identification of roof areas suited for solar energy conversion systems.* Wittmann, H., y otros. 1, 1997, *Renewable Energy*, Vol. 11, págs. 25-36.
- 110.** *A preliminary feasibility of roof-mounted solar PV systems in the Maldives.* Ali, Ihsan, Shafiullah, GM y Urmee, Tania. 2018, Vol. 83, págs. 18-32.
- 111.** *Investigation on the development potential of rooftop PV system in Hong Kong and its environmental benefits.* Peng, Jinqing y Lu, Lin. 2013, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 27, págs. 149-162.
- 112.** *Scalable methodology for the photovoltaic solar energy potential assessment based on available roof surface area: Application to Piedmont Region (Italy).* Bergamasco, Luca y Asinari, Pietro. 5, 2011, *Solar Energy*, Vol. 85.
- 113.** *Calculation of bright roof-tops for solar PV applications in Dhaka Megacity, Bangladesh.* Humayun Kabir, Md., Endlicher, Wilfried y Jägermeyr, Jonas. 8, 2010, *Renewable Energy*, Vol. 35, págs. 1760-1764.
- 114.** *Solar Urban Planning: A Parametric Approach.* Amado, Miguel y Poggi, Francesca. 2014, *Energy Procedia*, Vol. 48, págs. 1539-1548.
- 115.** *Sustainable Design of Urban Rooftop Food-Energy-Land Nexus.* Jing, Rui, Hastings, Astley y Guo, Miao. 11, 2020, *iScience*, Vol. 23.
- 116.** *Potential analysis of roof-mounted solar photovoltaics in Sweden.* Yang, Ying, y otros. 2020, *Applied Energy*, Vol. 279.
- 117.** *Multicriteria roof sorting for the integration of photovoltaic systems in urban environments.* Thebault, Martin, y otros. 2020, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 60.

- 118.** *Optimization of the integration of photovoltaic systems on buildings for self-consumption – Case study in France.* Thebault, Martin y Gaillard, Leon. 2021, *City and Environment Interactions*, Vol. 10.
- 119.** *Integrating Solar Photovoltaics in Residential Buildings: Towards Zero Energy Buildings in Hail City, KSA.* Abdelhafez, Mohamed Hssan Hassan, y otros. 4, 2021, *Sustainability*, Vol. 13.
- 120.** *Performance Evaluation of Various Photovoltaic Module Technologies at Nawabshah Pakistan.* Rehman Jatoi, Abdul, Raza Samo, Saleem y Qayoom Jakhrani, Abdul. 1, *International Journal of Renewable Energy Development*, Vol. 10, págs. 97-103.
- 121.** *Techno-Economic Assessment of Rooftop PV Systems in Residential Buildings in Hot-Humid Climates.* Dehwah, Ammar Hamoud Ahmad, y otros. 23, 2020, *Sustainability*, Vol. 12.
- 122.** *Opportunities and challenges for the use of photovoltaics in building monuments – Case Study TU Dresden.* Van Roosmalen, Maartje y Gritzki, Annina. [ed.] IOP Publishing. 2020. BEYOND 2020 – World Sustainable Built Environment conference. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 588.
- 123.** *Impacts of Roof-top Solar Photovoltaic Modules on Building Energy Performance: Case Study of a Residence in HCM City, Vietnam.* Dang, H.A. y Nguyen, T.K. [ed.] IOP Publishing. 2020. 2020 6th International Conference on Environment and Renewable Energy. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 505.
- 124.** *Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape.* Redweik, P., Catita, C. y Brito, M. 2013, *Solar Energy*, Vol. 97, págs. 332-341.
- 125.** *The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore.* Wong, N.H, y otros. 2003, *Energy and Buildings*, Vol. 35, págs. 353-364.
- 126.** *The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece.* Eumorfopoulou, Ekaterini y Aravantinos, Dimitris. 1, 1998, *Energy and Buildings*, Vol. 27, págs. 29-36.
- 127.** *Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States.* Sproul, Julian, y otros. 2014, *Energy and Buildings*, Vol. 71, págs. 20-27.
- 128.** *On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece.* Spala, A., y otros. 1, 2008, *Renewable Energy*, Vol. 33.

- 129.** *Impact of climatic conditions on the thermal effectiveness of an extensive green roof.* Lin, Bau-Show, y otros. 2013, *Building and Environment*, Vol. 67, págs. 26-33.
- 130.** *Green roof yearly performance: A case study in a highly insulated building under temperate climate.* D’Orazio, M, Di Perna, C. y Di Giuseppe, E. 2012, *Energy and Buildings*, Vol. 55.
- 131.** *Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate.* Fioretti, R., y otros. 8, 2010, *Building and Environment*, Vol. 45, págs. 1890-1904.
- 132.** *Thermal and energy performance assessment of extensive green roof in summer: A case study of a lightweight building in Shanghai.* He, Yang, y otros. 2016, *Energy and Buildings*, Vol. 127, págs. 762-773.
- 133.** *Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil.* Parizotto, S. y Lamberts, R. 7, 2011, *Energy and Buildings*, Vol. 43, págs. 1712-1722.
- 134.** *Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia.* Teemusk, Alar y oMander, Ülo. 3, 2009, *Building and Environment*, Vol. 44, págs. 643-650.
- 135.** *An environmental cost-benefit analysis of alternative green roofing strategies.* William, Reshmina, y otros. 2016, *Ecological Engineering*, Vol. 95, págs. 1-9.
- 136.** *Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings.* Feng, H. y Hewage, K. 2014, *Energy and Buildings*, Vol. 75, págs. 281-289.
- 137.** *Construction and design requirements of green buildings’ roofs in Saudi Arabia depending on thermal conductivity principle.* Khabaz, Amjad. 2018, *Construction and Building Materials*, Vol. 186, págs. 1119-1131.
- 138.** *A green roof model for building energy simulation programs.* Sailor, D.J. 8, 2008, *Energy and Buildings*, Vol. 40, págs. 1466-1478.
- 139.** *Passive cooling of the green roofs combined with night-time ventilation and walls insulation in hot and humid regions.* Ran, Jiandong y Tang, Mingfang. 2018, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 38, págs. 466-475.
- 140.** *Comfort and energy savings with active green roofs.* La Roche, Pablo y Berardi, Umberto. 2014, *Energy and Buildings*, Vol. 82, págs. 492-504.

- 141.** *Modeling the reduction of urban excess heat by green roofs with respect to different irrigation scenarios.* Heusinger, Jannik, Sailor, David J. y Weber, Stephan. 2018, *Building and Environment*, Vol. 131, págs. 174-183.
- 142.** *Energy savings in buildings or UHI mitigation? Comparison between green roofs and cool roofs.* Costanzo, V., Evola, G. y Marletta, L. 2016, *Energy and Buildings*, Vol. 114, págs. 247-255.
- 143.** *Influence of Plant and Substrate Characteristics of Vegetated Roofs on a Supermarket Energy Performance Located in a Semiarid Climate.* Vera, Sergio, y otros. 2015, *Energy Procedia*, Vol. 78, págs. 1171-1176.
- 144.** *Air temperature cooling by extensive green roofs in Toronto Canada.* MacIvor, J. Scott, y otros. 2016, *Ecological Engineering*, Vol. 95, págs. 36-42.
- 145.** *Retrofitting Housing with Lightweight Green Roof Technology in Sydney, Australia, and Rio de Janeiro, Brazil.* Wilkinson, Sara y Castiglia Feitosa, Renato. s.l. : 7, 2015, *Sustainability* , Vol. 1, págs. 1081-1098.
- 146.** *Dynamic Simulation of the Green Roofs Impact on Building Energy Performance, Case Study of Antananarivo, Madagascar.* Rakotondramiarana, Hery Tiana, Ranaivoarisoa, Tojo Fanomezana y Morau, Dominique. 2, 2015, *Buildings* , Vol. 5, págs. 497-520.
- 147.** *Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs.* Getter, Kristin L., y otros. 19, 2009, *Environmental Science & Technology*, Vol. 43, págs. 7564-7570.
- 148.** *Green Roof Effects in a Case Study of Rome (Italy).* Battista, Gabriele, y otros. 2016, *Energy Procedia*, Vol. 101, págs. 1058-1063.
- 149.** *Sustainable roofing technology under multiple constraints: a decision-analytical approach.* Collier, Z. A., y otros. 2013, *Environment Systems and Decisions*, Vol. 33, págs. 261-271.
- 150.** *Shape Study on a Green Roof Integrated Photovoltaic System for Bi-objective Optimization of Investment Value and CO<sub>2</sub> Emission.* Sui, Jieli y Munemoto, Junzo. 2, 2007, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol. 6, págs. 307-314.
- 151.** *Variations in photovoltaic performance due to climate and low-slope roof choice.* Nagengast, Amy, Hendrickson, Chris y Matthews, H.Scott. 2013, Vol. 64, págs. 493-502.
- 152.** *Measuring factors influencing performance of rooftop PV panels in warm tropical climates.* Osma Pinto, German y Ordóñez Plata, Gabriel. 2019, Vol. 185, págs. 112-123.

- 153.** *Evaluating the shading effect of photovoltaic panels on green roof discharge reduction and plant growth.* Jahanfar, Ali, y otros. 2019, *Journal of Hydrology*, Vol. 568, págs. 919-928.
- 154.** *Variations of PV Panel Performance Installed over a Vegetated Roof and a Conventional Black Roof.* J. Alshayeb, Mohammed y D. Chang, Jae. 5, 2018, *Energies*, Vol. 11.
- 155.** *Photovoltaic systems with vertically mounted bifacial PV modules in combination with green roofs.* Baumann, Thomas, y otros. 2019, *Solar Energy*, Vol. 190, págs. 139-146.
- 156.** *Measuring the Effect of Vegetated Roofs on the Performance of Photovoltaic Panels in a Combined System.* Ogaili, Hamid y J. Sailor, David. 6, 2016, *Journal of Solar Energy Engineering*, Vol. 138.
- 157.** *The “PV Rooftop Garden”: Providing Recreational Green Roofs and Renewable Energy as a Multifunctional System within One Surface Area.* Sattler, Stefan, Zluwa, Irene y Österreicher, Doris. 5, 2020, *Applied Sciences*, Vol. 10.
- 158.** *A Comparative-Techno Economic Feasibility Study between Roof-Top and Building Integrated Photovoltaic Technology for Development of Green Campus.* Nag, Sucheta, y otros. 2016. 2016 IEEE 7th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON). págs. 1-6.
- 159.** ZinCo Cubiertas Ecológicas. Energía Solar y Cubiertas Verdes. Referencias del sistema. *Chartered Bank Headquarters, Londres.* 2015. [En línea] <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/chartered-bank-headquarters-londres>
- 160.** ZinCo Cubiertas Ecológicas. Energía Solar y Cubiertas Verdes. Referencias del sistema. *Aeropuerto Schiphol, Amsterdam, Países Bajos.* 2011. [En línea] <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/aeropuerto-schiphol-amsterdam>
- 161.** Energía Solar y Cubiertas Verdes. Referencias del sistema. *MTZ – Centro Tecnológico De Múnich, Alemania.* 2008. [En línea] <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/mtz-centro-tecnologico-de-munich>
- 162.** *Modelling the structural loading of a small wind turbine at a highly turbulent site via modifications to the Kaimal turbulence spectra.* Tabrizi, Amir Bashirzadeh, y otros. 2017, *Renewable Energy*, Vol. 105, págs. 288-300.
- 163.** *Roof mounting site analysis for micro-wind turbines.* Ledo, L., Kosasih, P.B. y Cooper, P. 2011, *Renewable Energy*, págs. 1379-1391.

- 164.** *Investigation on the feasibility and enhancement methods of wind power utilization in high-rise buildings of Hong Kong.* Lu, Lin y Ip, Ka Yan. 2, 2009, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, págs. 450-461.
- 165.** *Wind flow over the low-rise building models with gabled roofs having different pitch angles.* Ozmen, Y., Baydar, E. y van Beeck, J.P.A.J. 2016, *Building and Environment*, Vol. 95, págs. 63-74.
- 166.** *Wind energy potential above a high-rise building influenced by neighboring buildings: An experimental investigation.* Šarkić Glumac, Anina, Hemida, Hassan y Höffer, Rüdiger. 2018, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 175, págs. 32-42.
- 167.** *Comparison of wind tunnel and on site measurements for urban wind energy estimation of potential yield.* Al-Quraan, Ayman, Stathopoulos, Ted y Pillay, Pragasen. 2016, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 158, págs. 1-10.
- 168.** *Experimental study on the air flow around an isolated stepped flat roof building: Influence of snow cover on flow fields.* Zhu, Fu, y otros. 2020, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 203.
- 169.** *Analysis of full-scale wind and pressure measurements on a low-rise building.* Caracoglia, Luca y Jones, Nicholas P. 5-6, 2009, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 97, págs. 157-173.
- 170.** *CFD simulation of wind forces on ships in ports: Case study for the Rotterdam Cruise Terminal.* Ricci, A., y otros. 2020, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 205.
- 171.** *Wind turbine designs for urban applications: A case study of shrouded diffuser casing for turbines.* Dilimulati, Aierken, Stathopoulos, Ted y Paraschivoiu, Marius. 2018, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 175, págs. 179-192.
- 172.** *Monitoring of Near-Surface Winds and Wind Pressures on an Instrumented Low-Rise Building during Super Typhoon Rammason.* Li, Qiu-Sheng, Li, Jian, Cheng y Hu, Sang-Yu. 2, 2019, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 145.
- 173.** *Performance of an H-Darrieus in the Skewed Flow on a Roof.* Mertens, Sander, van Kuik, Gijs y van Bussel, Gerard. 4, 2003, *Journal of Solar Energy Engineering*, Vol. 125, págs. 433-440.

**174.** *The Impact Of Height Installation On The Performance Of PV Panels Integrated Into A Green Roof In Tropical Conditions.* Osma-Pinto, German, y otros. 2016. 2nd International Conference on Energy Production and Management (Energy Quest 2016) . Vol. 205, págs. 147-156.

**175.** Los huertos en azoteas de Barcelona. Inventario y caracterización. *Universitat de Barcelona.* 2018. Altuna Olaechea, Rosa María.

**176.** *Towards Regenerated and Productive Vacant Areas through Urban Horticulture: Lessons from Bologna, Italy.* Gasperi, Daniela, y otros. 12, 2016, Sustainability, Vol. 8.

**177.** *An environmental and economic life cycle assessment of rooftop greenhouse (RTG) implementation in Barcelona, Spain. Assessing new forms of urban agriculture from the greenhouse structure to the final product level.* Sanyé Mengual, Esther, y otros. The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 20, págs. 350–366.

**178.** *Putting rooftops to use – A Cost-Benefit Analysis of food production vs. energy generation under Mediterranean climates.* Benis, Khadija, y otros. 2018, Cities, Vol. 78, págs. 166-179.

**179.** *Agronomic and Environmental Assessment of a Polyculture Rooftop Soilless Urban Home Garden in a Mediterranean City.* Boneta, Anna, y otros. 2019, Frontiers in Plant Science. Crop and Product Physiology.

**180.** *Growing food for self-consumption inside cities: lessons learnt from urban allotment gardens in Paris and Montreal.* Pourias, Jeanne. 2014. 11th European IFSA SymposiumAt: Humbolt Universitat, Berlin, Germany.

**181.** Brooklyn Grange. About Brooklyn Grange. Farming rooftops, building urban green spaces and hosting gatherings. [En línea] <https://www.brooklyngrangefarm.com/about-brooklyn-grange-1>.

**182.** Greenroofs.com. Changi General Hospital. *Projects: Changi General Hospital.* 2018. [En línea] <https://www.greenroofs.com/projects/changi-general-hospital/>.

**183.** The Drs. Paul and John Re kai Centre, Wellesley Central Place. *Projects: The Drs. Paul and John Re kai Centre, Wellesley Central Place.* 2018. [En línea] <https://www.greenroofs.com/projects/the-drs-paul-and-john-rekai-centre-wellesley-central-place/>.

**184.** The Local. Berlin project promises urban fish and veg ‘Fresh from the Roof’. 2011. [En línea] <https://www.thelocal.de/20111115/38883/>.

- 185.** Wahaso. Water harvesting solutions. Forest house - urban farming, South Bronx, NY. *Projects. Rainwater harvesting systems. Forest house - urban farming.* [En línea] 2013. <https://wahaso.com/projects/rainwater-harvesting-systems/forest-house-urban-farming/>.
- 186.** ZinCo Cubiertas Ecológicas. Proyectos de referencia "Huerto urbano". Referencias del sistema. *Zuidpark, Amsterdam, Países Bajos.* 2012. [En línea] <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/zuidpark-amsterdam-paises-bajos>
- 187.** ZinCo Cubiertas Ecológicas. Proyectos de referencia "Huerto urbano". Referencias del sistema. *Pavillon D'Armenonville, París, Francia.* 2018. [En línea] [https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/pavillon-d\\_armenonville-paris](https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/pavillon-d_armenonville-paris)
- 188.** Proyectos de referencia "Huerto urbano". Referencias del sistema. *Le Cordon Bleu, París, Francia.* 2016. [En línea] <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/referencias/le-cordon-bleu-paris>
- 189.** Grade, Marta. EFeVerde. *El mayor huerto urbano sobre un techo de Europa crece en una azotea de París.* [En línea] 2020. <https://www.efeverde.com/noticias/huerto-urbano-paris/>.
- 190.** Agro Paris Tech. Talents d'une planète soutenable. T4P : un Projet de recherche innovant pour des Toits Parisiens Productifs. 2019. [En línea] <http://www2.agroparistech.fr/T4P-un-Projet-de-recherche-innovant-pour-des-Toits-Parisiens-Productifs>.
- 191.** Potage-Toit. Potager sur la KBR. 2012. [En línea] [http://www.potage-toit.be/?page\\_id=274](http://www.potage-toit.be/?page_id=274).
- 192.** *Wind Data Analysis and a Case Study of Wind Power Generation in Hong Kong.* Lu, Lin y Yang, Hongxing. 2, 2001, Wind Engineering, Vol. 25, págs. 115-123.
- 193.** *Experimental investigation of wind characteristics and wind energy potential over rooftops: Effects of building parameters.* Y. Peng, H, y otros. 2020, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 205.
- 194.** *Wind loads on roof-mounted equipment on low-rise buildings with low-slope roofs.* S. Doddipatla, Lakshmana y Kopp, Gregory A. 2021, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 211.
- 195.** Culti-Vert, the Productive Green Roof of Palais Des Congrès. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects.* 2017. Asselin, Amelie y Komisar, June. págs. 48-50.

- 196.** Mixed Micro-Farming on Top of Residential Houses. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. el Omari, Heshem y Tawk, Salwa Tohmé. págs. 6-10.
- 197.** Energaia: Rooftop Production of Spirulina. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Shah, Saumil y de Zeeuw, Henk. págs. 10-13.
- 198.** An Organic Terrace Gardening. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Vishwanath, B. N., Hegde, Rajendra y de Zeeuw, Henk. págs. 15-18.
- 199.** The community Rooftop Garden of Via Gandusio. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Iori, Luana y Sanyé Mengual, Esther. págs. 18-22.
- 200.** Fenway Farms: A Restaurant Garden on a Baseball Stadium Roof. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Banhazl, Jessie y Komisar, June. págs. 22-24.
- 201.** Gotham Greens: The Largest Rooftop Greenhouse in the World. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Puri, Viraj y Komisar, June. págs. 28-31.
- 202.** Rooftop Republic at Fringe Club: An Educational Rooftop Garden. [*A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Pol Fabrega, Ching Sian Sia. págs. 38-40.
- 203.** Small-Scale Hydroponics in Villa El Salvador: The Case of Ms Esther Flores. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Rodríguez Delfín, Alfredo. págs. 40-43.
- 204.** Fed Square Pop-Up Patch: A Small-Scale Commercial Allotment Rooftop Garden. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Pember, Mat y de Zeeuw, Henk. págs. 43-48.
- 205.** The Eldorado Shopping Centre Rooftop Garden. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Omar, Ricardo, Nagai, Sergio Eiji y de Zeeuw, Henk. págs. 51-56.
- 206.** Spectra Edible Learning Rooftop Garden. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Chong Phoon, Lyvenne y Sia, Ching Sian. págs. 53-59.
- 207.** ComCrop, a Commercial Aquaponics Rooftop Farm. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Lim, Allan y Lloyd, Maria, Sia, Ching San. págs. 56-59.
- 208.** UrbanFarmers de Schilde: A Commercial Aquaponic Farm and the Largest Rooftop Farm in Europe. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Liu, Shuang y de Zeeuw, Henk. págs. 59-62.

**209.** Ryerson Urban Farm, Toronto: An Educational Rooftop Garden. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Throness, Arlene y Komisar, June. págs. 65-68.

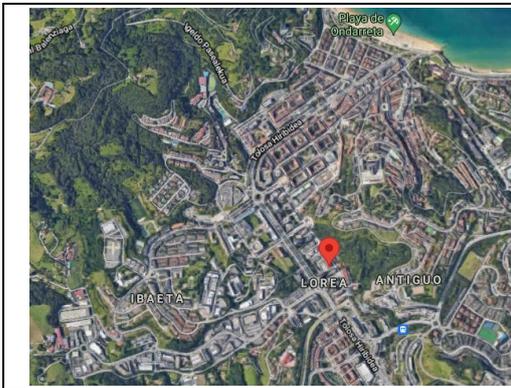
**210.** The Rothenberg Rooftop Garden School. *A Geography of Rooftop Agriculture in 20 Projects*. 2017. Bass, Bryna, “Pope” Coleman, Edwin y Komisar, June. págs. 31-34.

## ANEXO I. CARACTERIZACIÓN DE LAS CUBIERTAS

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: L-1
1. Tipo de edificación	
Vivienda en bloque	
2. Ubicación	
Calle de Zarautz, 84. Lorea (Antiguo), Donostia	
3. Tipología de cubierta	
Plana	
4. Orientación de la cubierta	
NO, NE, SO	
5. Superficie útil de la cubierta	
295,2 m <sup>2</sup>	
6. Mapas de ubicación	
	
	

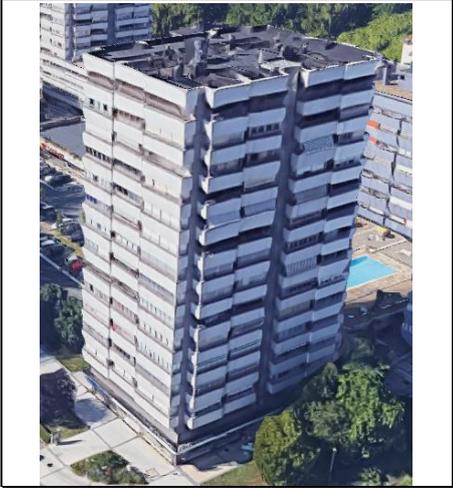
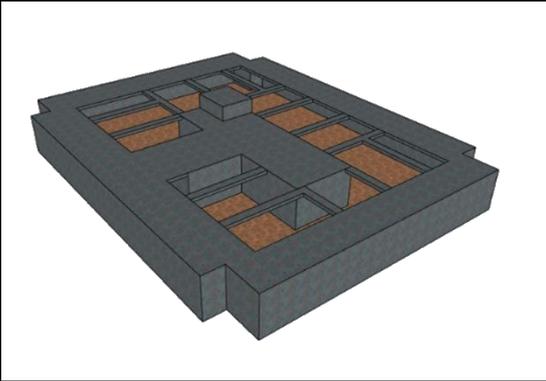
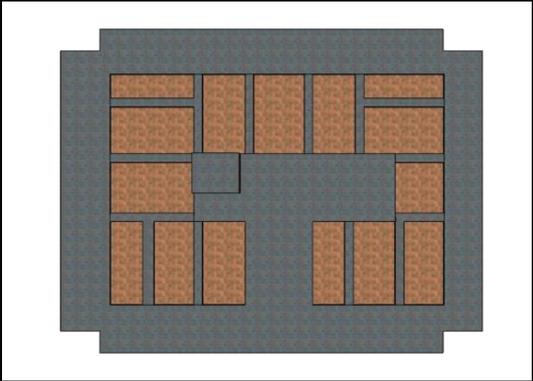


FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA		Código: L-2
1. Tipo de edificación	Vivienda en bloque	
2. Ubicación	Calle de Zarautz, 86. Lorea (Antiguo), Donostia	
3. Tipología de cubierta	Plana	
4. Orientación de la cubierta	NE, SO, SE	
5. Superficie útil de la cubierta	268,8 m <sup>2</sup>	
6. Mapas de ubicación		

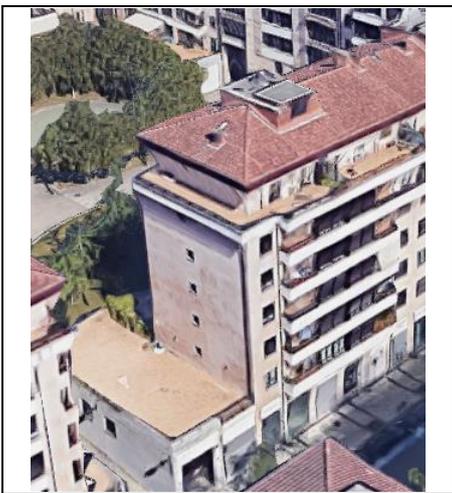


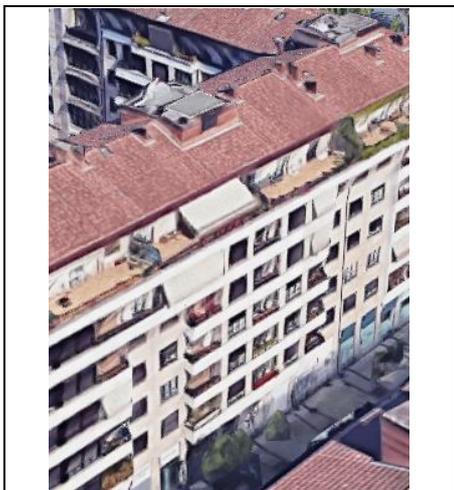
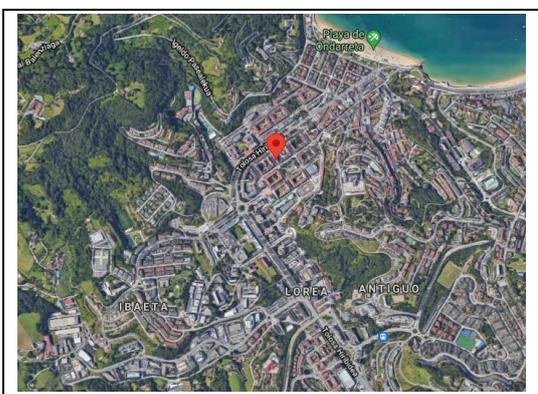
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: L-3	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Calle de Zarautz, 90. Lorea, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Plana		
4. Orientación de la cubierta		
NO, NE, SO		
5. Superficie útil de la cubierta		
286,4 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

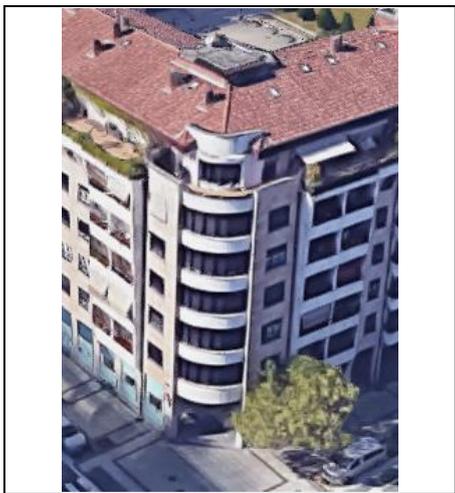
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: L-4	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Calle de Zarautz, 88. Lorea, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Plana		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
313,4 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA		Código: L-5
1. Tipo de edificación	Vivienda en altura	
2. Ubicación	Avda. Tolosa, 111. Lorea (Antiguo), Donostia	
3. Tipología de cubierta	Plana	
4. Orientación de la cubierta	NO, NE, SO, SE	
5. Superficie útil de la cubierta	138,6 m <sup>2</sup>	
6. Mapas de ubicación		
		
7. Plano característico de la cubierta		

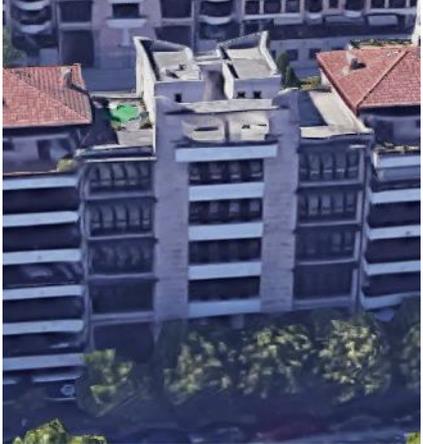
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: L-6	
1. Tipo de edificación		
Patio		
2. Ubicación		
Avda. Tolosa, 107. Lorea (Antiguo), Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Plana		
4. Orientación de la cubierta		
NO, NE, SO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
1581,4 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

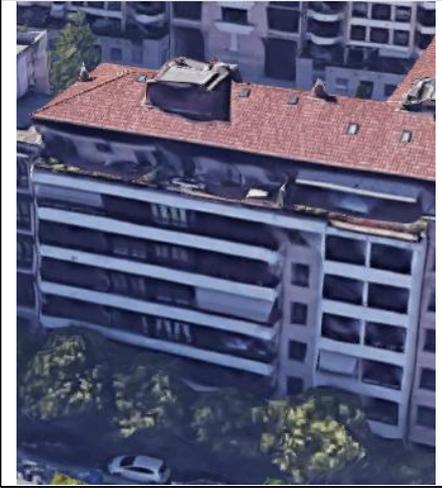
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-1	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
C/ Antonio Gaztañeta, 1. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NE, SO		
5. Superficie útil de la cubierta		
143,9 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

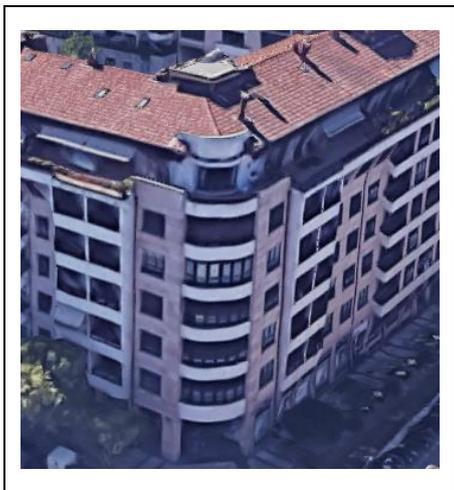
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-2	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
C/ Antonio Gaztañeta,3. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NE, SO		
5. Superficie útil de la cubierta		
263,7 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-3	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Pl. de Jose María Sert, 1. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
SO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
105,9 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

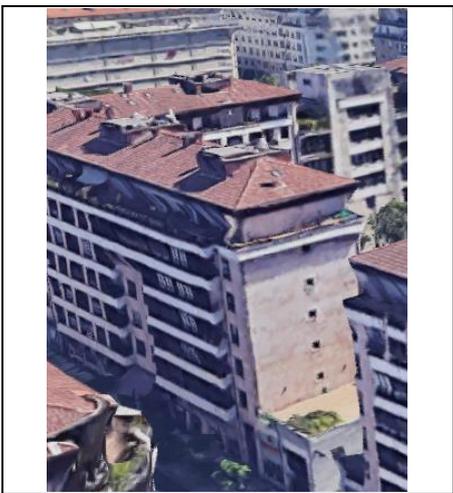
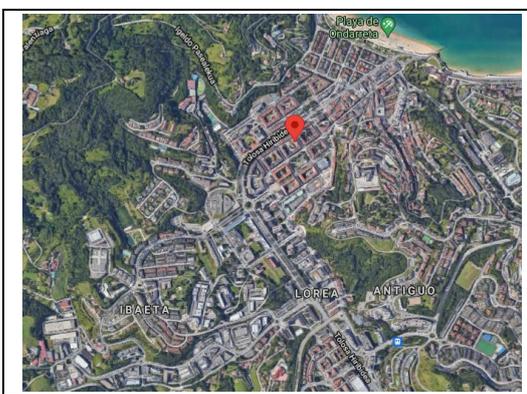
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-4	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Pl. de Jose María Sert, 2. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
114,3 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

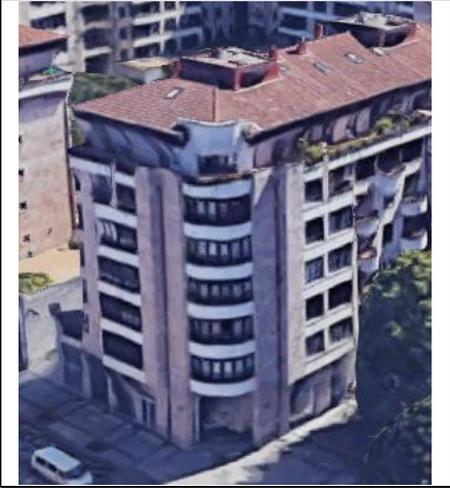
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-5	
1. Tipo de edificación		
Edificio de oficinas		
2. Ubicación		
Pl. de Jose María Sert, 3. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Plana		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
178,9 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

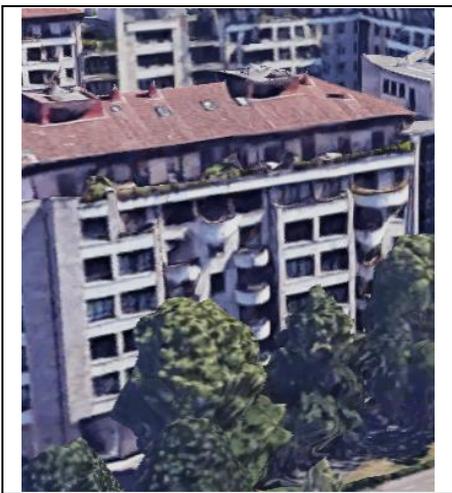
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-6	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Pl. de Jose María Sert, 4. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
123,1 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

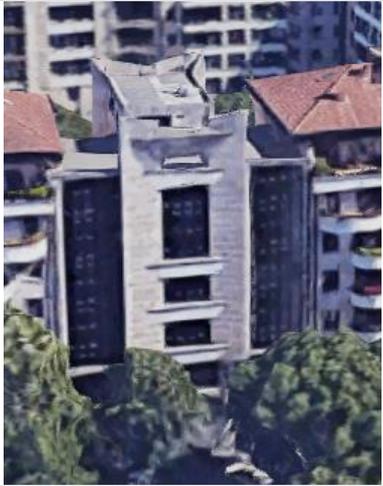
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-7	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Pl. de Jose María Sert, 5. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NE, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
119,0 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-8	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Calle Antonio Arzak, 4. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NE, SO		
5. Superficie útil de la cubierta		
259,8 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

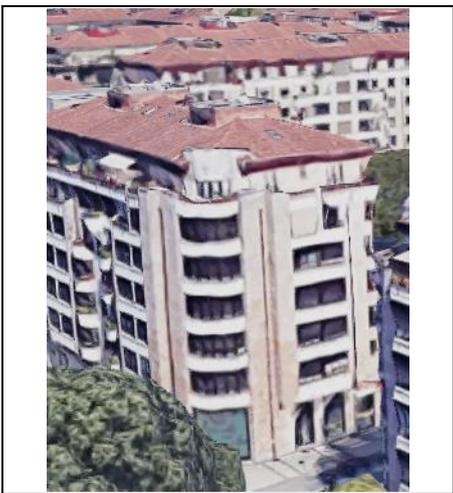
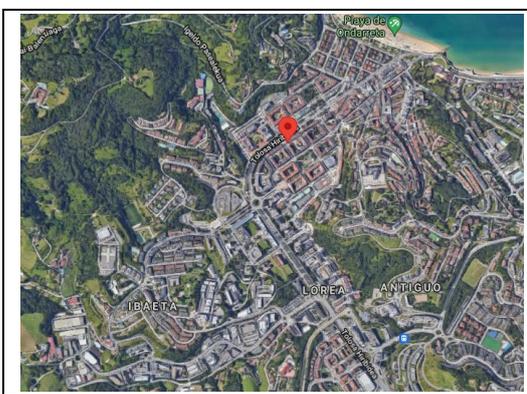
FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-9	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Calle Antonio Arzak, 2. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NE, SO		
5. Superficie útil de la cubierta		
143,7 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-10	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Avenida de Tolosa, 17. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
266,0 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-11	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Avenida de Tolosa, 19. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
215,8 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-12	
1. Tipo de edificación		
Edificio de oficinas		
2. Ubicación		
Avenida de Tolosa, 21. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Plana		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
132,7 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-13	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Avenida de Tolosa, 23. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
218,2 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

FICHA DE DATOS GENERALES DE LA CUBIERTA	Código: BB-14	
1. Tipo de edificación		
Vivienda en bloque		
2. Ubicación		
Avenida de Tolosa, 25. Benta Berri, Donostia		
3. Tipología de cubierta		
Inclinada		
4. Orientación de la cubierta		
NO, SE		
5. Superficie útil de la cubierta		
189,3 m <sup>2</sup>		
6. Mapas de ubicación		
		

## **ANEXO II. ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO**

En este anexo se incluye el resumen del análisis bibliográfico realizado de todos los artículos, trabajos y proyectos que corresponden a los 236 casos estudiados utilizando la herramienta *Excel*. Los documentos que se tratan son:

1. Artículos de aplicación de solar fotovoltaica
2. Artículos de aplicación de cubierta verde
3. Artículos de aplicación de cubierta verde fotovoltaica
4. Artículos de aplicación de eólica
5. Artículos de aplicación de huerto urbano
6. Resumen de la información recogida en los artículos
7. Análisis de las aplicaciones de solar fotovoltaica en función de la tipología e inclinación de la cubierta
8. Análisis de las aplicaciones de solar fotovoltaica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta
9. Análisis de las aplicaciones de cubierta verde en función de la tipología e inclinación de la cubierta
10. Análisis de las aplicaciones de cubierta verde en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta
11. Análisis de las aplicaciones de cubierta verde fotovoltaica en función de la tipología e inclinación de la cubierta
12. Análisis de las aplicaciones de cubierta verde fotovoltaica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta
13. Análisis de las aplicaciones de eólica en función de la tipología e inclinación de la cubierta
14. Análisis de las aplicaciones de eólica en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta
15. Análisis de las aplicaciones de huerto urbano en función de la tipología e inclinación de la cubierta
16. Análisis de las aplicaciones de huerto urbano en función de la tipología de edificio y superficie de cubierta
17. Análisis general de las cubiertas

ANÁLISIS APLICACIONES SOLAR FOTOVOLTAICA

REFERENCIA	UBICACIÓN	CLIMA	SUPERFICIE CUBIERTA					TIPOLOGÍA CUBIERTA					TIPOLOGÍA EDIFICIO					NÚMERO DE HABITANTES					SITUACIÓN DENTRO DE LA CIUDAD		
			< 100 m2	100 - 500 m2	500 - 1000 m2	> 1000 m2	sin especificar	inclinada				plana	vivienda				otro	< 10	10-50	50-100	> 100	sin especificar	urbano	periurbano	sin especificar
								5-36 % (3-20°)	36-84 % (20-40°)	> 40° (>84%)	sin especificar		unifamiliar	edif. bloque	edif. altura	sin especificar									
1	<a href="#">Osorio Laurencio, Liomnis, &amp; Montero Laurencio, Reineris. (2016)</a>	Moa, Cuba				X					X					X						X		X	
2	<a href="#">A. Martinez-Rubio, F. Sanz-Adan, J. Santamaria (2015)</a>	Sariñena, España		X							X				X							X			X
3	<a href="#">Murat Kacira, Mehmet Simsek, Yunus Babur, Sedat Demirkol (2004)</a>	Sanliurfa, Turquía								X						X						X			X
4	<a href="#">Kenton D. Swift (2013)</a>	Honolulu, Hawaii								X						X						X			X
5		Newark, Nueva Jersey								X						X						X			X
6		Phoenix, Arizona								X						X						X			X
7		Minneapolis, Minnesota								X						X						X			X
8	<a href="#">Aneta Strzalka, Nazmul Alam, Eric Duminil, Volker Coors, Ursula Eicker (2012)</a>	Stuttgart, Alemania		X							X											X			X
9	<a href="#">Harvey Bryan (2010)</a>	Phoenix, Arizona	X								X					X						X			X
10	<a href="#">Stuart Gadsden, Mark Rylatt, Kevin Lomas (2003)</a>	Leicester, Reino Unido								X		X										X			X
11	<a href="#">H. Wittmann, P. Bajons, M. Doneus, H. Friesinger (1997)</a>	Viena, Austria				X					X				X					X					X
12	<a href="#">Ihsan Ali, GM Shafiullah, Tania Urme (2018)</a>	Isla de Hulhumalé, las Maldivas				X					X											X			X
13	<a href="#">Jingping Peng, Lin Lu (2013)</a>	Hon Kong				X					X					X						X			X
14	<a href="#">Luca Bergamasco, Pietro Asinari (2011)</a>	Piamonte, Italia				X		X								X						X			X
15	<a href="#">Md. Humayun Kabir, Wilfried Endlicher, Jonas Jägermeyr (2010)</a>	Dhaka, Bangladesh				X					X				X							X			X
16	<a href="#">Miguel Amado, Francesca Poggi (2014)</a>	Oeiras, Portugal				X					X											X			X
17	<a href="#">F. Corcelli, G. Fiorentino, A. Petit-Boix, J. Rieradevall, X. Gabarrell (2019)</a>	Barcelona, España				X					X					X						X		X	
18	<a href="#">Jannik Heusinger, Ashley M. Broadbent, E. Scott Kravenhoff, Stephan Weber (2021)</a>	Braunschweig, Alemania						X	X							X						X			X
19	<a href="#">Rui Jing, Astley Hastings, Miao Guo (2020)</a>	Shangai, China				X					X					X						X			X
20	<a href="#">Ying Yang, Pietro Elia Campana, Bengt Stridh, Jinyue Yan (2020)</a>	Västerås, Suecia 1				X					X					X						X		X	
21		Västerås, Suecia 2				X		X								X						X		X	
22	<a href="#">Martin Thebault, Vincent Clivillé, Lamia Berrah, Gilles Desthieux (2020)</a>	Ginebra, Suiza									X				X							X		X	
23	<a href="#">Martin Thebault, Leon Gaillard (2021)</a>	Francia 1		X							X					X						X			X
24		Francia 2		X							X					X						X			X
25		Francia 3		X							X					X						X			X
26	<a href="#">Mohamed Hssan Hassan, Abdelhafez, Mabrouk Touahmia, Emad Noaime, Ghazy Abdullah Albagawy, Khaled Elkhayat, Belkacem Achour, Mustapha Boukendakdji (2021)</a>	Hail, Arabia Saudita		X							X											X			X
27	<a href="#">Abdul Rehman Jatoi, Saleem Raza Samo, Abdul Qayoom Jakhrani (2021)</a>	Nawabshah, Paquistan									X											X		X	
28	<a href="#">Ammar Hamoud Ahmad, Dehwah, Muhammad Asif,</a>	Al-Khobar, Arabia Saudita 1		X							X							X					X		



ANÁLISIS APLICACIONES CUBIERTAS VERDES

REFERENCIA	UBICACIÓN	CLIMA	SUPERFICIE CUBIERTA					TIPOLOGÍA CUBIERTA					TIPOLOGÍA EDIFICIO					NÚMERO DE HABITANTES					SITUACIÓN DENTRO DE LA CIUDAD		
			< 100 m2	100 - 500 m2	500 - 1000 m2	> 1000 m2	sin especificar	inclinada				plana	vivienda				otro	< 10	10-50	50-100	> 100	sin especificar	urbano	periurbano	sin especificar
								5-36 % (3-20 °)	36-84 % (20-40°)	> 40 ° (>84%)	sin especificar		unifamiliar	edif. bloque	edif. altura	sin especificar									
1	<a href="#">N.H Wong, D.K.W Cheong, H Yan, J Soh, C.I Ong, A Sia (2003)</a>	Singapur			X						X					X						X			X
2	<a href="#">Ekaterini Eumorfopoulou, Dimitris Aravantinos (1998)</a>	Grecia									X					X						X			X
3	<a href="#">Fabrizio Ascione, Nicola Bianco, Filippo de' Rossi, Gianluca Turni, Giuseppe Peter Vanoli (2013)</a>	Tenerife, España									X					X						X			X
4		Sevilla, España									X					X						X			X
5		Roma, Italia									X					X						X			X
6		Amsterdam, Países Bajos									X					X						X			X
7		Londres, Reino Unido									X					X						X			X
8		Oslo, Noruega									X					X						X			X
9	<a href="#">Marinos Karteris, Ifigeneia Theodoridou, Giorgos Mallinis, Emmanouel Tsiros, Apostolos Karteris (2016)</a>	Salónica (Thessaloniki), Grecia														X						X			X
10	<a href="#">Inês Teotónio, Cristina Matos Silva, Carlos Oliveira Cruz (2018)</a>	Lisboa, Portugal														X						X			X
11	<a href="#">Julian Sproul, Man Pun Wan, Benjamin H. Mandel, Arthur H. Rosenfeld (2014)</a>	Chicago, Illinois														X						X	X		
12		Washington														X						X	X		
13		Washington														X						X			X
14		Nueva York														X						X	X		
15		Chicago, Illinois														X						X			X
16		Alejandro, Virginia														X						X	X		
17		Atenas, Georgia														X						X		X	
18		Cocoa Beach, Florida														X						X	X		
19		Portland, Oregon														X						X			X
20		Portland, Oregon														X						X			X
21		Portland, Oregon														X						X			X
22		Austin, Texas														X						X			X
23		Davis, California														X						X	X		
24		Gilroy, California														X						X		X	
25		San Jose, California														X						X			X
26		Sacramento, California														X						X			X
27		Sacramento, California														X						X			X
28		Sacramento, California														X						X			X
29		Scottsdale, Arizona														X						X			X
30		Nueva York														X						X			X
31	<a href="#">R. Fioretti, A. Palla, L.G. Lanza, P. Principi (2010)</a>	Ancona, Italia														X						X	X		
32		Génova, Italia														X						X	X		
33	<a href="#">Fabio Fantozzi, Carlo Bibbiani, Caterina Gargari, Roberto Rugani, Giacomo Salvadori (2013)</a>	Bolzano, Italia																				X			X
34		Pisa, Italia																				X			X
35		Palermo, Italia																				X			X
36	<a href="#">Yang He, Hang Yu, Nannan Dong, Hai Ye (2016)</a>	Shangai														X						X	X		
37	<a href="#">A. Spala, H.S. Bagiorgas, M.N. Assimakopoulos, J. Kalavrouziotis, D. Matthopoulos, G. Mihalakakou (2008)</a>	Atenas, Grecia														X						X		X	
38	<a href="#">Bau-Show Lin, Chin-Chung Yu, Ai-Tsen Su, Yann-Jou Lin (2013)</a>	Taipéi, Taiwan														X						X			X
39		Chiayi, Taiwan														X						X			X
40	<a href="#">M. D'Orazio, C. Di Perna, E. Di Giuseppe (2012)</a>	Ancona, Italia														X						X			X



77	Columbia, Maryland	Dfa				X							X								X			X
78	Jessup, Maryland	Dfa			X								X								X			X
79	<a href="#">Gabriele Battista, Eleonora M. Pastore, Luca Mauri, Carmine Basilicata (2016)</a>	Roma, Italia	Csa					X					X		X						X		X	
80	<a href="#">Amelie Asselin, June Komisar</a>	Montreal, Canada	Dfa					X					X								X	X		

ANÁLISIS APLICACIONES CUBIERTA VERDE FOTOVOLTAICA

REFERENCIA	UBICACIÓN	CLIMA	SUPERFICIE CUBIERTA					TIPOLOGÍA CUBIERTA					TIPOLOGÍA EDIFICIO					NÚMERO DE HABITANTES					SITUACIÓN DENTRO DE LA CIUDAD			
			< 100 m2	100 - 500 m2	500 - 1000 m2	> 1000 m2	sin especificar	inclinada				plana	vivienda				otro	< 10	10-50	50-100	> 100	sin especificar	urbano	periurbano	sin especificar	
								5-36 % (3-20 °)	36-84 % (20-40°)	> 40 ° (>84%)	sin especificar		unifamiliar	edif. bloque	edif. altura	sin especificar										
1	<a href="#">Collier, Z. A., Wang, D., Vogel, J. T., Tatham, E. K., &amp; Linkov, I. (2013)</a>	noreste de los Estados Unidos			X						X					X						X				X
2	<a href="#">D. Chemisana, Chr. Lamnatou (2014)</a>	Lleida, España	X								X					X						X	X			
3	<a href="#">Jieli Sui, Junzo Munemoto (2007)</a>	Sapporo, Japón									X		X				X									X
4		Tokio, Japón									X		X				X									X
5		Naha, Japón									X		X				X									X
6	<a href="#">Amy Nagengast, Chris Hendrickson, H. Scott, Matthews (2013)</a>	Pittsburgh, Pensilvania		X								X					X					X				X
7	<a href="#">G. Osma, G. Ordóñez, E. Hernández, L. Quintero, M. Torres (2016)</a>	Bucaramanga, Colombia			X							X					X					X		X		
8	<a href="#">German Osma Pinto, Gabriel Ordóñez Plata (2019)</a>	Bucaramanga, Colombia	X									X					X					X		X		
9		Bucaramanga, Colombia	X									X					X					X		X		
10	<a href="#">Ali Jahanfar, Jennifer Drake, Brent Sleep, Liat Margolis (2019)</a>	Toronto, Canada	X									X					X					X	X			
11	<a href="#">Mohammed J. Alshayeb, Jae D. Chang (2018)</a>	Lawrence, Kansas									X						X					X	X			
12	<a href="#">Dr. Sam C. M. Hui, Miss S. C. Chan (2011)</a>	Hong Kong					X					X					X					X				X
13	<a href="#">Thomas Baumann, Hartmut Nussbaumer, Markus Klenk, Andreas Dreisiebner, Fabian Carigiet, Franz Baumgartner (2019)</a>	Winterthur, Suiza		X								X										X	X			
14	<a href="#">Hamid Ogaili, David J. Sailor (2016)</a>	Portland, Oregon									X						X					X	X			
15	<a href="#">Mehmet Cem Catalbas, Belgin Kocak, Burak Yenipinar (2021)</a>	Ancara, Turquía			X							X					X					X	X			
16	<a href="#">Stefan Sattler, Irene Zluwa, Doris Österreicher (2020)</a>	Viena, Austria 1		X								X		X								X	X			
17		Viena, Austria 2			X							X		X								X	X			
18	<a href="#">ucheta Nag, Shubhabrata Kundu, Diptonil Sinha, Simantadeep RoyChowdhury, Preetam Mukherjee, Utpal Goswami, Rajiv Ganguly (2016)</a>	Calcuta, India					X					X					X					X	X			
<b>NO SON ARTÍCULOS</b>																										
19	<a href="#">ZinCo Cubiertas Ecológicas</a>	Londres, Reino Unido					X					X					X					X	X			
20	<a href="#">ZinCo Cubiertas Ecológicas</a>	Amsterdam, Países Bajos					X					X					X					X		X		
21	<a href="#">ZinCo Cubiertas Ecológicas</a>	Munich, Alemania					X					X					X					X	X			



ANÁLISIS APLICACIONES HUERTO URBANO

REFERENCIA	UBICACIÓN	CLIMA	SUPERFICIE CUBIERTA					TIPOLOGÍA CUBIERTA				TIPOLOGÍA EDIFICIO					NÚMERO DE HABITANTES					SITUACIÓN DENTRO DE LA CIUDAD			
			< 100 m2	100 - 500 m2	500 - 1000 m2	> 1000 m2	sin especificar	inclinada				plana	vivienda				otro	< 10	10-50	50-100	> 100	sin especificar	urbano	periurbano	sin especificar
								5-36 % (3-20 °)	36-84 % (20-40°)	> 40 ° (>84%)	sin especificar		unifamiliar	edif. bloque	edif. altura	sin especificar									
1 <a href="#">Rui Jing, Astley Hastings, Miao Guo (2020)</a>	Shangai, China	Cfa				X					X					X					X			X	
2 <a href="#">Daniela Lehner (2017)</a>	Viena, Austria	Cfb		X							X		X				X						X		
3 <a href="#">Altuna Olaechea, Rosa María (2018)</a>	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
4	Barcelona, España	Csa		X							X					X					X		X		
5	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
6	Barcelona, España	Csa			X						X					X					X		X		
7	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
8	Barcelona, España	Csa	X								X		X								X		X		
9	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
10	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
11	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
12	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
13	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
14	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
15	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
16	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
17	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
18	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
19	Barcelona, España	Csa			X						X					X					X		X		
20	Barcelona, España	Csa		X							X					X					X		X		
21	Barcelona, España	Csa			X						X					X					X		X		
22	Barcelona, España	Csa			X						X					X					X		X		
23	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
24	Barcelona, España	Csa		X							X					X					X		X		
25	Barcelona, España	Csa		X							X					X					X		X		
26	Barcelona, España	Csa	X								X					X					X		X		
27	Barcelona, España	Csa		X							X					X					X		X		
28 <a href="#">Zheming Tong, Thomas H. Whitlow, Andrew Landers, Benjamin Flanner (2016)</a>	Brooklyn, Nueva York	Dfa				X					X					X					X		X		
29 <a href="#">Daniela Gasperi, Giuseppina Pennisi, Niccolò Rizzati, Francesca Magrefi, Giovanni Bazzocchi, Umberto Mezzacapo, Monique Centrone, Stefani, Esther Sanyé-Mengual, Francesco Orsini, Giorgio Gianquinto (2016)</a>	Bolonia, Italia	Csa		X							X		X								X		X		
30 <a href="#">Francesco Orsini, Daniela Gasperi, Livia Marchetti, Chiara Piovene, Stefano Draghetti, Solange Ramazzotti, Giovanni Bazzocchi, Giorgio Gianquinto (2014)</a>	Bolonia, Italia	Csa		X							X		X								X			X	



		SOLAR FOTOVOLTAICA	CUBIERTA VERDE	SOLAR FOTOVOLTAICA + CUBIERTA VERDE	EÓLICA	HUERTO URBANO						
CLIMA	Af	1	2,9%	1	1,3%	0	0,0%	0	0,0%	3	4,6%	
	Am	1	2,9%	1	1,3%	0	0,0%	1	2,9%	1	1,5%	
	Aw	2	5,7%	1	1,3%	1	4,8%	0	0,0%	0	0,0%	
	Bsh	0	0,0%	3	3,8%	0	0,0%	0	0,0%	2	3,1%	
	Bsk	0	0,0%	0	0,0%	1	4,8%	0	0,0%	0	0,0%	
	BWh	3	8,6%	16	20,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	3,1%	
	BWk	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Cfa	3	8,6%	8	10,0%	2	9,5%	1	2,9%	1	1,5%	
	Cfb	10	28,6%	7	8,8%	7	33,3%	5	14,3%	11	16,9%	
	Cfc	1	2,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Cwa	2	5,7%	2	2,5%	1	4,8%	13	37,1%	1	1,5%	
	Cwb	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Cwc	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Csa	3	8,6%	18	22,5%	1	4,8%	3	8,6%	31	47,7%	
	Csb	2	5,7%	6	7,5%	1	4,8%	0	0,0%	1	1,5%	
	Csc	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dfa	1	2,9%	10	12,5%	1	4,8%	5	14,3%	8	12,3%	
	Dfb	2	5,7%	5	6,3%	2	9,5%	0	0,0%	2	3,1%	
	Dfc	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,5%	
	Dfd	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dwa	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dwb	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dwc	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dwd	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dsa	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dsb	0	0,0%	0	0,0%	1	4,8%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dsc	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	Dsd	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	ET	0	0,0%	0	0,0%	3	14,3%	2	5,7%	0	0,0%	
	ETH	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	EF	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	SUPERFICIE CUBIERTA (m2)	< 100	1	2,9%	7	8,8%	4	19,0%	5	14,3%	19	29,2%
		100 - 500	10	28,6%	10	12,5%	3	14,3%	6	17,1%	15	23,1%
500 - 1000		0	0,0%	7	8,8%	4	19,0%	9	25,7%	11	16,9%	
> 1000		15	42,9%	31	38,8%	5	23,8%	9	25,7%	14	21,5%	
-		9	25,7%	25	31,3%	5	23,8%	6	17,1%	6	9,2%	
TIPOLOGÍA CUBIERTA	Inclinada (%)	5-36 %	4	11,4%	3	3,8%	0	0,0%	2	5,7%	0	0,0%
		36-84 %	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	5,7%	0	0,0%
		>84%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	5,7%	0	0,0%
		-	12	34,3%	3	3,8%	4	19,0%	4	11,4%	0	0,0%
	Plana	19	54,3%	74	92,5%	17	81,0%	25	71,4%	65	100,0%	
TIPOLOGÍA EDIFICIO	vivienda	unifamiliar	3	8,6%	5	6,3%	3	14,3%	2	5,7%	0	0,0%
		edif. bloque	7	20,0%	11	13,8%	3	14,3%	5	14,3%	11	16,9%
		edif. altura	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	5,7%	3	4,6%
		-	4	11,4%	3	3,8%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
otro	21	60,0%	61	76,3%	15	71,4%	26	74,3%	51	78,5%		
NÚMERO DE HABITANTES	< 10	2	5,7%	1	1,3%	3	14,3%	0	0,0%	1	1,5%	
	10-50	1	2,9%	3	3,8%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,5%	
	50-100	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	
	> 100	3	8,6%	2	2,5%	0	0,0%	1	2,9%	2	3,1%	
	-	28	80,0%	74	92,5%	18	85,7%	34	97,1%	61	93,8%	
SITUACIÓN DENTRO DE LA CIUDAD	urbano	12	34,3%	11	13,8%	11	52,4%	9	25,7%	55	84,6%	
	periurbano	2	5,7%	3	3,8%	4	19,0%	2	5,7%	4	6,2%	
	-	21	60,0%	66	82,5%	6	28,6%	24	68,6%	6	9,2%	
TOTAL CASOS	35	14,8%	80	33,9%	21	8,9%	35	14,8%	65	27,5%		
CASOS Cfb	10	28,6%	7	8,8%	7	33,3%	5	14,3%	11	16,9%		

TOTAL CASOS  
236

	SF	CV	SF + CV	E	HU
< 100	2,9%	8,8%	19,0%	14,3%	29,2%
100 - 500	28,6%	12,5%	14,3%	17,1%	23,1%
500 - 1000	0,0%	8,8%	19,0%	25,7%	16,9%
> 1000	42,9%	38,8%	23,8%	25,7%	21,5%
-	25,7%	31,3%	23,8%	17,1%	9,2%
total	35	80	21	35	65

	SF	CV	SF + CV	E	HU
< 100	1	7	4	5	19
100 - 500	10	10	3	6	15
500 - 1000	0	7	4	9	11
> 1000	15	31	5	9	14
-	9	25	5	6	6
total	35	80	21	35	65

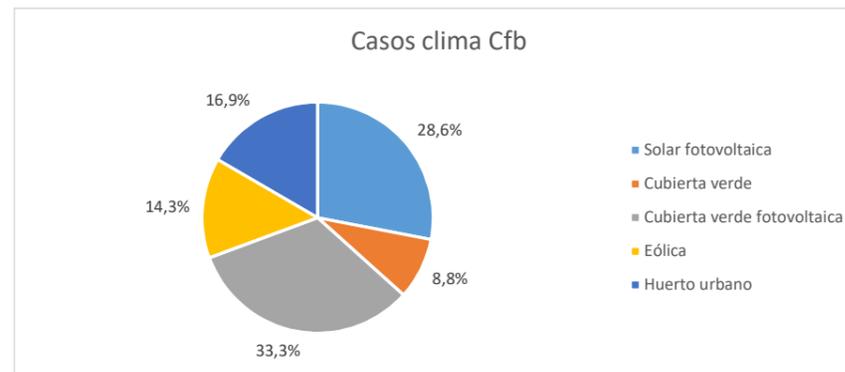
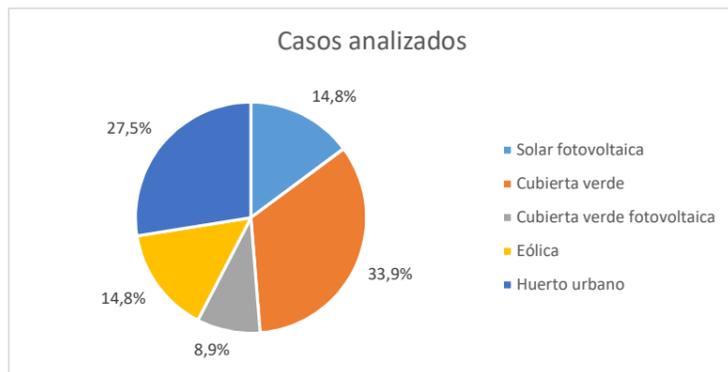
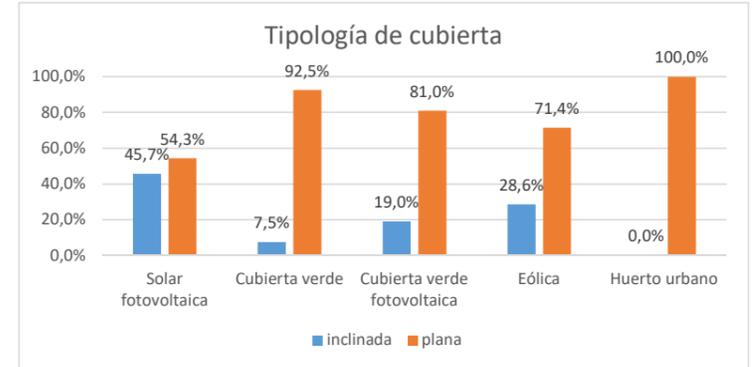
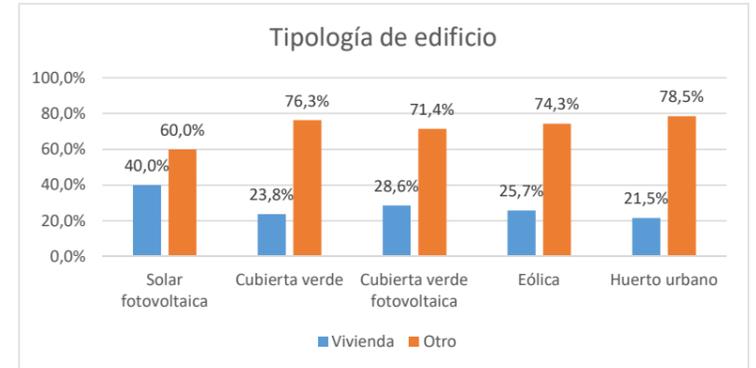
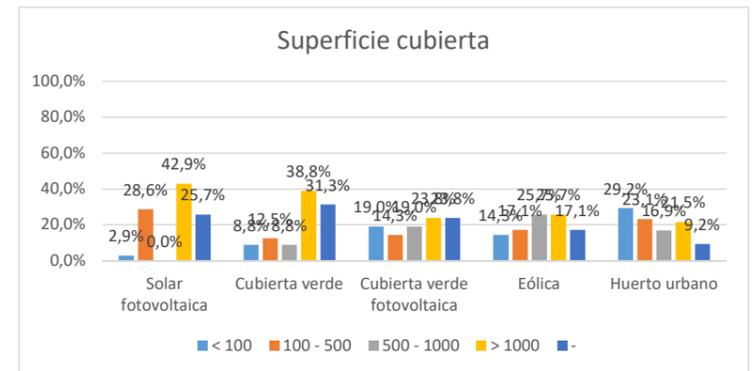
	SF	CV	SF + CV	E	HU
Vivienda	40,0%	23,8%	28,6%	25,7%	21,5%
Otro	60,0%	76,3%	71,4%	74,3%	78,5%
total	35	80	21	35	65

Vivienda	14	19	6	9	14
Otro	21	61	15	26	51
total	35	80	21	35	65

	SF	CV	SF + CV	E	HU
inclinada	45,7%	7,5%	19,0%	28,6%	0,0%
plana	54,3%	92,5%	81,0%	71,4%	100,0%
total	35	80	21	35	65

inclinada	16	6	4	10	0
plana	19	74	17	25	65
total	35	80	21	35	65

Solar fotovoltaica    Cubierta verde    Cubierta verde foto Eólica    Huerto urbano

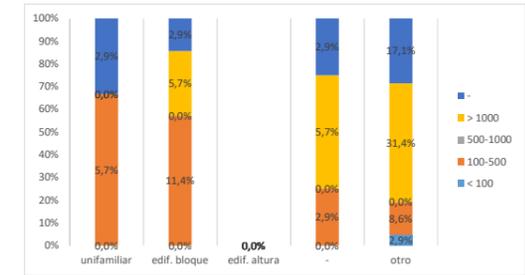




ANÁLISIS SOLAR FOTOVOLTAICA (II)

SOLAR FOTOVOLTAICA										
SUPERFICIE CUBIERTA (m2)					TIPOLOGIA EDIFICIO					
					Vivienda				Otro	
< 100	100 - 500	500 - 1000	> 1000	-	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	Otro	
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
11	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
16	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
22	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
26	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
27	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
28	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
29	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
33	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
34	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
35	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

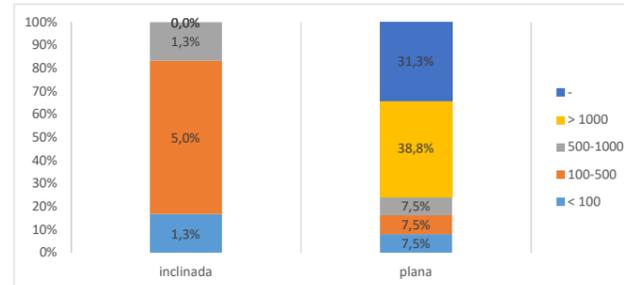
TOTAL	< 100					100-500					500-1000					> 1000					-				
	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro
0	0	0	0	0	1	2	4	0	1	3	0	0	0	0	0	0	2	0	2	11	1	1	0	1	6
0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,9%	5,7%	11,4%	0,0%	2,9%	8,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,7%	0,0%	5,7%	31,4%	2,9%	2,9%	0,0%	2,9%	17,1%	
unifamiliar	edif. bloque	edif. altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	
< 100					100-500					500-1000					> 1000					-					



ANÁLISIS CUBIERTA VERDE (I)

	cubiertas verdes									
	SUPERFICIE CUBIERTA (m2)					TIPOLOGIA CUBIERTA				
	<100	100-500	500-1000	>1000	-	Inclinada (%)				Plana
						5-36 %	36-84 %	>84%	-	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
24	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
32	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
33	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
34	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
35	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
37	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
38	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
39	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
40	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
41	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
42	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
43	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
44	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
45	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
46	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
47	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
48	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
49	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
51	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
52	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
53	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
54	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
55	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
56	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
57	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
58	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
59	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
60	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
61	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
62	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
63	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
64	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
65	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
66	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
67	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
68	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
69	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
70	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
71	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
72	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
73	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
74	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
76	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
77	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
78	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
79	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
80	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

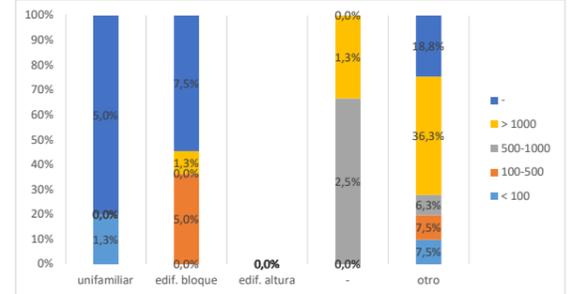
TOTAL	< 100		100-500		500-1000		> 1000		-	
	inclinada	plana								
	1	6	4	6	1	6	0	31	0	25
	1,3%	7,5%	5,0%	7,5%	1,3%	7,5%	0,0%	38,8%	0,0%	31,3%



ANÁLISIS CUBIERTA VERDE (II)

	SUPERFICIE CUBIERTA (m2)					TIPOLOGIA EDIFICIO				
	< 100	100 - 500	500 - 1000	> 1000	-	Vivienda				Otro
						unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altu.	-	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
24	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
30	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
32	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
33	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
34	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
35	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
37	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
38	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
39	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
41	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
42	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
43	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
44	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
45	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
46	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
47	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
48	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
49	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
51	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
52	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
53	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
54	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
55	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
56	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
57	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
58	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
59	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
60	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
61	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
62	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
63	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
64	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
65	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
66	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
67	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
68	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
69	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
70	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
71	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
72	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
73	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
74	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
76	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
77	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
78	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
79	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
80	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

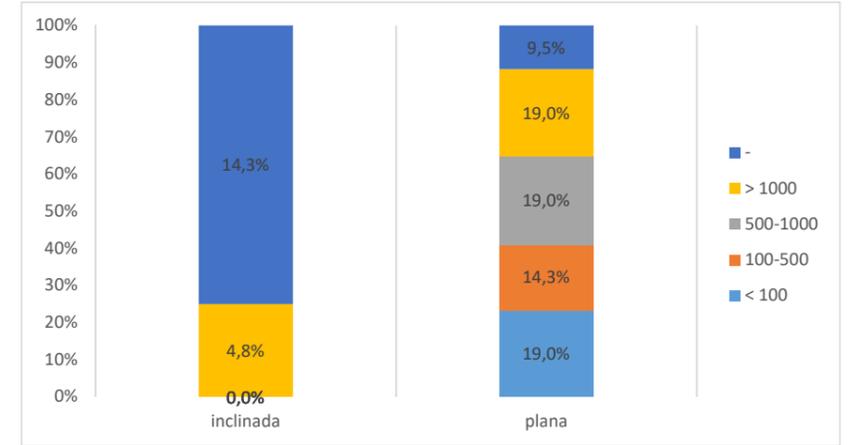
TOTAL	< 100					100-500					500-1000					> 1000					-				
	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro
unifamiliar	edif. bloque	edif. altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	
	< 100					100-500					500-1000					> 1000					-				



ANÁLISIS CUBIERTA VERDE FOTOVOLTAICA (I)

	SUPERFICIE CUBIERTA (m2)					TIPOLOGIA CUBIERTA				
	< 100	100 - 500	500 - 1000	> 1000	-	Inclinada (%)				Plana
						5-36 %	36-84 %	>84%	-	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

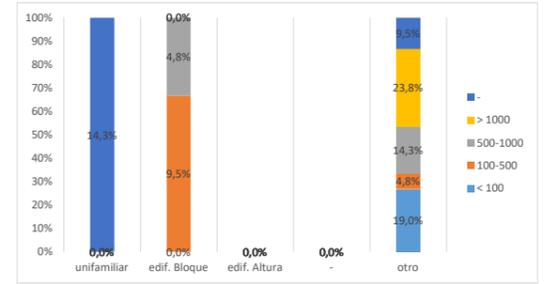
TOTAL	< 100		100-500		500-1000		> 1000		-	
	inclinada	plana	inclinada	plana	inclinada	plana	inclinada	plana	inclinada	plana
	0	4	0	3	0	4	1	4	3	2
0,0%	19,0%	0,0%	14,3%	0,0%	19,0%	4,8%	19,0%	14,3%	9,5%	
inclinada	plana									
< 100	100-500		500-1000		> 1000		-			



ANÁLISIS CUBIERTA VERDE FOTOVOLTAICA (II)

	SUPERFICIE CUBIERTA (m2)					TIPOLOGIA EDIFICIO				
	< 100	100 - 500	500 - 1000	> 1000	-	Vivienda				Otro
						unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altu	-	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
16	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
17	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

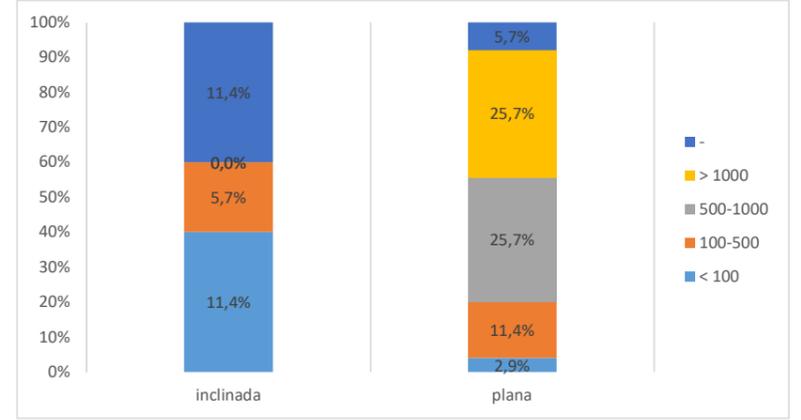
TOTAL	< 100					100-500					500-1000					> 1000					-					
	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	
0	0	0	0	0	4	0	2	0	0	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	2
0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	19,0%	0,0%	9,5%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	23,8%	14,3%	0,0%	0,0%	0,0%	9,5%	
unifamiliar	edif. bloque	edif. altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro		
	< 100					100-500					500-1000					> 1000					-					



ANÁLISIS EÓLICA (I)

	SUPERFICIE CUBIERTA (m2)					TIPOLOGIA CUBIERTA				
	< 100	100 - 500	500 - 1000	> 1000	-	Inclinada (%)				Plana
						5-36 %	36-84 %	>84%	-	
1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
22	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
23	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
24	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
26	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
27	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
30	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
31	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
32	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
33	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
34	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
35	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

TOTAL	< 100		100-500		500-1000		> 1000		-	
	inclinada	plana	inclinada	plana	inclinada	plana	inclinada	plana	inclinada	plana
	4	1	2	4	0	9	0	9	4	2
11,4%	2,9%	5,7%	11,4%	0,0%	25,7%	0,0%	25,7%	11,4%	5,7%	
inclinada	plana									
< 100		100-500		500-1000		> 1000		-		

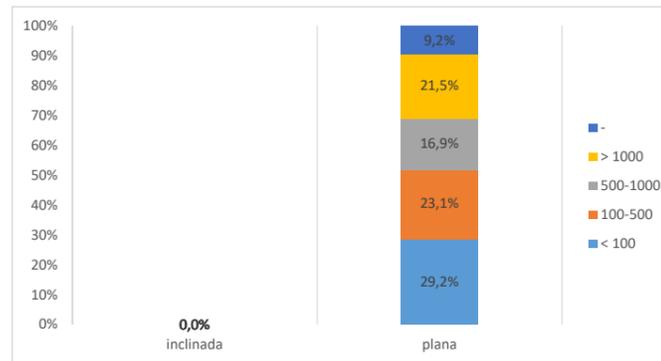




ANÁLISIS HUERTOS URBANOS (I)

	SUPERFICIE CUBIERTA (m2)					TIPOLOGIA CUBIERTA				
	< 100	100 - 500	500 - 1000	> 1000	-	Inclinada (%)			Plana	
						5-36 %	36-84 %	>84%		
1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
7	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
8	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
10	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
11	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
12	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
13	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
14	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
15	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
16	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
17	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
18	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
19	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
20	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
21	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
22	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
23	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
24	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
25	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
26	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
27	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
28	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
29	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
30	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
31	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
32	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
33	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
34	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
35	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
36	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
37	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
38	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
39	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
40	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
41	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
42	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
43	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
44	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
45	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
46	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
47	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
48	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
49	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
50	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
51	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
52	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
53	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
54	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
55	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
56	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
57	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
58	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
59	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
60	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
61	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
62	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
63	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
64	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
65	0	1	0	0	0	0	0	0	1	

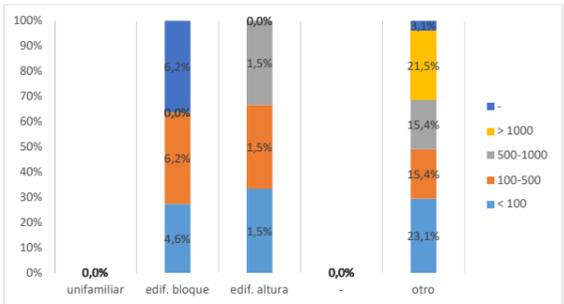
TOTAL	< 100		100-500		500-1000		> 1000		-	
	inclinada	plana								
	0,0%	29,2%	0,0%	23,1%	0,0%	16,9%	0,0%	21,5%	0,0%	0,0%
	inclinada	plana								
	< 100		100-500		500-1000		> 1000		-	



ANÁLISIS HUERTOS URBANOS (I)

	SUPERFICIE CUBIERTA (m2)					TIPOLOGIA EDIFICIO				
	< 100	100 - 500	500 - 1000	> 1000	-	Vivienda				Otro
						unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altu	-	
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
29	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
30	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
32	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
33	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
34	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
35	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
36	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
37	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
38	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
39	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
40	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
41	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
42	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
43	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
44	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
45	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
46	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
47	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
48	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
49	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
50	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
51	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
52	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
53	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
54	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
55	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
56	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
57	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
58	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
59	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
60	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
61	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
62	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
63	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
64	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
65	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

TOTAL	< 100					100-500					500-1000					> 1000					-				
	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro
0,0%	4,6%	1,5%	0,0%	23,1%	0,0%	6,2%	1,5%	0,0%	15,4%	0,0%	0,0%	1,5%	0,0%	15,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	21,5%	0,0%	6,2%	0,0%	0,0%	3,1%	
unifamiliar	edif. bloque	edif. altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	unifamiliar	edif. Bloque	edif. Altura	-	otro	











64	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
65	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	3	8	3	1	1	4	28	0	0	0	0	5	0	0	0	1	6	4	1	1	15	153
0,8%	0,0%	0,0%	1,3%	3,4%	1,3%	0,4%	0,4%	1,7%	11,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	2,5%	1,7%	0,4%	0,4%	6,4%	64,8%
2,1%				3,4%	3,8%				11,9%	0,0%				2,1%	0,4%				2,5%	8,9%				64,8%
inclinada				plana																				

