

*A mi hijo, **Diego Ignacio García**, porque el tiempo que sacrificé de
tu niñez en este proyecto, valiera la pena.*

Resumen

El desarrollo de los países está generando una serie de problemas a nivel mundial que están provocando cambios en el clima, que en la mayoría de los casos afectan en gran medida a las familias con menores recursos. De igual forma, la sobrepoblación mundial y el crecimiento de los entornos urbanos, ha generado el desarrollo de las ciudades que han crecido tanto en extensión (esto para las casas de una planta), como en altura (para los edificios de varias plantas), donde en este último caso el objetivo primordial es aprovechar al máximo el espacio y los recursos disponibles. Por otro lado, la población mundial reclama en su medida unos niveles de confort mínimo en las edificaciones. Ello está incrementando el consumo energético mundial y a su vez produciendo fenómenos adversos asociados al cambio climático.

En países de clima cálido y húmedo, como es el caso de la República Dominicana, donde los efectos de sobrecalentamiento interior y de sobre-humectación afectan directamente el confort de las viviendas, además de estar ubicada en zonas altamente sísmicas, y con una permanente incidencia de huracanes, tormentas tropicales, caracterizadas por fuertes vientos y lluvias torrenciales, se requiere que las edificaciones posean estructuras constructivas resistentes a dichos fenómenos atmosféricos.

Lograr que estas edificaciones también cumplan con los estándares de confort interior establecidos por las normativas internacionales, sin el uso exclusivo de sistemas mecánicos de climatización, es uno de los propósitos principales a alcanzar en el desarrollo de esta investigación, ya que la mayoría de la población de este país, no posee los recursos económicos para poder utilizar dichos sistemas de climatización.

El objetivo final de esta investigación, se centra en el análisis de las condiciones de confort en las viviendas de la República Dominicana. Más concretamente, se han analizado las edificaciones residenciales de los dos grupos predominantes del parque inmobiliario del país, que en la actualidad, se encuentran en continuo crecimiento (Caso 1: Vivienda unifamiliar de una planta y Caso 2: Edificación Multiplanta de 4 niveles).

La metodología seguida ha analizado dos edificios de referencia, con su sistema constructivo tradicional, buscando la mejor orientación del edificio, el uso de diferentes alternativas de elementos de sombreado, y la mejora de la envolvente del edificio, mediante el uso de materiales no tradicionales en la construcción del país, en la búsqueda de las técnicas que mejoren el confort interior con consumos de energía casi nulos.

Para analizar las diferentes alternativas planteadas, se ha medido el confort térmico en el interior del edificio, según la ASHRAE 55. Se ha planteado un conjunto de 57 configuraciones distintas entre si, que se han analizado con el software de simulación energética de edificios DesignBuilder, contemplado únicamente medidas pasivas (esto es que no consuman energía), para poder favorecer su aplicación incluso en familias con bajos recursos económicos. El trabajo muestra las alternativas analizadas, los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas, con significativas mejoras en el confort y un análisis de la repercusión económica de los cambios realizados en el precio final de la vivienda.

Abstract

The development of the countries is generating a series of problems worldwide that are causing changes in the climate, which in most cases greatly affect families with fewer resources. Similarly, global overpopulation and the growth of urban environments, has generated the development of cities that have grown both in extension (this for the houses of a plant), and in height (for multi-storey buildings), where in the latter case the primary objective is to make the most of the available space and resources. On the other hand, the world population demands in its measure minimum levels of comfort in buildings. This is increasing global energy consumption and in turn producing adverse phenomena associated with climate change.

In countries with a hot and humid climate, as is the case of the Dominican Republic, where the effects of internal overheating and overhumidification directly affect the comfort of homes, as well as being located in highly seismic areas, and with a permanent incidence of hurricanes, tropical storms, characterized by strong winds and torrential rains, it is required that the buildings have constructive structures resistant to these atmospheric phenomena.

Achieving that these buildings also comply with the internal comfort standards established by international regulations, without the exclusive use of mechanical air conditioning systems, is one of the main purposes to be reached in the development of this research, since the majority of the population of this country, does not have the economic resources to be able to use said air conditioning systems.

The final objective of this research focuses on the analysis of comfort conditions in Dominican homes. More specifically, the residential

buildings of the two predominant groups of the real estate park in the country have been analyzed, which are currently in continuous growth (Case 1: single-family housing of a plant and Case 2: Multi-plant construction of 4 levels).

The methodology followed has analyzed two buildings of reference, with its traditional construction system, seeking the best orientation of the building, the use of different shading elements, and the improvement of the building envelope, through the use of non-traditional materials in the building, the construction of the country, in the search of the techniques that improve the interior comfort with almost no energy consumption.

To analyze the different alternatives proposed, the thermal comfort inside the building has been measured, according to the ASHRAE 55. A set of 57 different configurations has been proposed, which have been analyzed with the Energy Building simulation software DesignBuilder, contemplated only passive measures (that is, they do not consume energy), in order to favor its application even in families with low economic resources. The work shows the alternatives analyzed, the results obtained in the simulations carried out, with significant improvements in comfort and an analysis of the economic impact of the changes made in the final price of the home.

Agradecimientos

A **Dios**, por su infinito amor y su protección para conmigo, por ayudarme todos los días y en todas las circunstancias.

A mami, **María I. Frómeta Martínez**, por ser mi aliada y mi ejemplo, por apoyarme y motivarme a salir adelante, por cuidar de mi amado hijo, Diego Ignacio, y así yo poder estudiar.

A mis directores de Tesis, **Dr. Jesús Cuadrado y Dr. Eduardo Rojí**, por su apoyo y entusiasmo para este proyecto. En especial a **Jesús Cuadrado**, por su infinita paciencia y su inagotable ayuda.

Al **grupo de investigación IT781-13: Sostenibilidad integral en sistemas de edificación y sus materiales**, por su colaboración en este proyecto.

A mi hermana y amigas, **Julissa García, Maggi Madrid, Esmerarda Montero y Ornella Bruno**, por su inmenso amor, apoyo y ayuda (Las tres A).

A todos **mis amigos, compañeros y maestros de la UPV/EHU**, formaron parte de esta aventura y siempre se quedaron en mis recuerdos.

Al **Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología**, por permitir tan importante desarrollo para mi carrera, con la beca recibida.

A la **Pontificia Universidad Católica, Madre y Maestra, PUCMM**, por el apoyo brindado en la estancia pre-doctoral. En especial a la **Dra. Letzai Ruiz**, profesora, compañera y amiga.

Con todo cariño,

Yokasta García Frómeta.-

Índice general

Índice de figuras	xiii
Índice de cuadros	xix
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivos	9
1.3 Estructura del Documento	11
1.4 Relevancia y Utilidad de la Tesis	12
2 Estado del Arte	13
2.1 Introducción	15
2.1.1 ¿Que es la Sostenibilidad?	15
2.2 Construcción Sostenible	18
2.2.1 Certificaciones de Sostenibilidad	19
2.3 República Dominicana	30
2.3.1 Ubicación y Geografía	30
2.3.2 División Político-Administrativa	32
2.3.3 Radiación Solar	33
2.3.4 Condiciones Climáticas	35
2.3.4.1 Temperaturas	35
2.3.4.2 Precipitaciones	36
2.3.4.3 Microclimas	37
2.3.5 Historia y Antecedentes de la Construcción	42

ÍNDICE GENERAL

2.3.5.1	Antes de 1492	42
2.3.5.2	Tiempos Coloniales	44
2.3.5.2.1	Primeras Ciudades Españolas	47
2.3.5.3	Nueva Identidad	49
2.3.5.4	La Era de Trujillo	51
2.3.5.5	La Política de “Varilla y Cemento”	53
2.3.5.6	Construcción Contemporánea	55
2.3.6	Población y Vivienda	58
2.3.6.1	Volumen Poblacional	58
2.3.6.1.1	Estructura de la población: Por Sexo y Edad	60
2.3.6.2	Tipología Edificatoria	61
2.3.6.2.1	Viviendas Rurales	63
2.3.6.2.2	Viviendas Urbanas	65
2.3.6.2.3	Evolución de los Materiales de Construcción	68
2.3.6.2.4	Análisis Energético de las Viviendas	72
2.3.7	Normativa presente en la Construcción	77
2.3.7.1	Reglamento General de Edificaciones	77
2.3.7.2	Sistema de Elaboración de Reglamentos	79
2.3.7.3	Licencia de Construcción	79
2.3.7.3.1	Documentos requeridos	80
2.3.7.4	Listado de Boletines y Reglamentos	82
2.4	Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana	87
2.4.1	Edificios Verdes	87
2.4.1.1	Centro Comercial Ágora	89
2.4.1.2	Torre Anacaona 27	90
2.4.1.3	Oficinas Grupo Banas	92
2.4.2	Energías Renovables	93
2.4.2.1	Energía Eólica	93
2.4.2.2	Energía Solar	97
2.4.2.3	Biomasa	100
2.4.2.4	Plantas Hidroeléctricas Pequeñas	101

2.5	Conclusiones	104
3	Metodología de Actuación	107
3.1	Introducción	109
3.2	Casos de Estudio	111
3.2.0.1	Características constructivas	112
3.2.1	Unifamiliar de 1 nivel	113
3.2.2	Multifamiliar de 4 niveles	114
3.3	Metodología: Análisis y Estudios	115
3.3.1	Orientación de la Edificación	116
3.3.2	Modificación de la Envolvente	117
3.3.3	Elementos de Sombreamiento	119
3.4	Herramientas informáticas utilizadas en el desarrollo de la metodología	120
3.4.1	EnergyPlus® Simulation Software	120
3.4.2	Autodesk® Ecotect Analysis 2011	121
3.4.3	DesignBuilder® v4.2.0.057	123
3.5	Conclusiones	125
4	Aplicación de la Metodología	127
4.1	Introducción	129
4.2	Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel	135
4.2.1	Estudio de la orientación más favorable	136
4.2.2	Análisis de los elementos de sombreamiento	141
4.2.2.1	Aleros	142
4.2.3	Estudio de la envolvente	144
4.2.3.1	Cubierta para la vivienda unifamiliar	145
4.2.3.2	Fachada para la vivienda unifamiliar	153
4.2.3.3	Combinada Cubierta + Fachada para la vivienda unifamiliar	161
4.3	Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles	164
4.3.1	Estudio de la orientación más favorable	165
4.3.2	Análisis de los elementos de sombreamiento	172
4.3.2.1	Aleros	173

ÍNDICE GENERAL

4.3.2.2	Parasoles	176
4.3.3	Estudio de la envolvente	185
4.3.3.1	Cubierta para el edificio multiplanta	187
4.3.3.2	Fachada para el edificio multiplanta	194
4.3.3.3	Solución constructiva combinada Cubierta + Fachada para el edificio multiplanta	201
4.4	Conclusiones	207
5	Conclusiones y líneas de investigación futuras	213
5.1	Conclusiones	215
5.1.1	Conclusiones referidas al problema	215
5.1.2	Conclusiones referidas a la metodología	216
5.1.3	Conclusiones por caso de estudio	217
5.1.3.1	Caso 1: Edificio Unifamiliar de un nivel	217
5.1.3.2	Caso 2: Edificio Multiplanta de 4 niveles	219
5.2	Líneas de Investigación Futuras	221
6	Anexos	223
6.1	Anexo A: Tablas y gráficos del Modelo de Referencia para las diferentes orientaciones (Caso 1)	225
6.2	Anexo B: Tablas de temperaturas operativas horarias para las diferentes orientaciones (Caso 1)	231
6.3	Anexo C: Tablas de perdidas y ganancias (en kW) para las diferentes orientaciones (Caso 2)	237
6.4	Anexo D: Tablas de temperaturas operativas horarias para las diferentes orientaciones (Caso 2)	239
	Bibliografía	245

Índice de figuras

1.1	Consumo doméstico de energía eléctrica.	3
1.2	Impactos del Cambio Climático según Informe de Síntesis del IPCC AR6.	5
1.3	Efectos del Cambio Climático.	6
2.1	Ciclo de la Sostenibilidad	16
2.2	Sellos de Certificaciones LEED	20
2.3	LEED en Latinoamérica	21
2.4	Ejemplo de documentación LEED	22
2.5	Ejemplo de documentación BREEAM	24
2.6	Esquema de Sostenibilidad en edificios segun BEE	25
2.7	Imágenes de la herramienta GBTool	26
2.8	Niveles de GBCe - Verde	27
2.9	Eficiencia Energética de Edificios, España	28
2.10	Localización de la República Dominicana	30
2.11	Division Territorial de la Rep. Dominicana, según región y provincia.	32
2.12	Radiación Solar Promedio Anual	33
2.13	Irradiancia normal directa (DNI) de la República Dominicana	34
2.14	Variación de Temperaturas Máximas y Mínimas en función del Mes.	35
2.15	Mapa Isoyetas de Lluvia y Temperatura.	36
2.16	Localización Aproximada Microclima Tropical Húmedo de Sabana.	37
2.17	Localización Aproximada Microclima Tropical Húmedo de Bosque.	38
2.18	Localización Aproximada Microclima Tropical Húmedo de Selva.	39
2.19	Localización Aproximada Microclima Seco Estepario.	39
2.20	Localización Aproximada Microclima Templado Húmedo.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

2.21	Mapa Elaborado por Henri Chatelain de 1719.	42
2.22	Palma y Yarey: Materiales Vegetales para la Construcción.	43
2.23	Metodo Constructivo de una vivienda de palma.	44
2.24	Viviendas Aborígenes.	44
2.25	Detalles de Técnicas Constructivas utilizadas con la Palma.	45
2.26	Barraca Valenciana, España.	47
2.27	Fortalezas y Casa Coloniales	49
2.28	Diversos tipos de viviendas locales	50
2.29	Santo Domingo luego del Ciclón San Zenón	51
2.30	Viviendas contruidas en la Era de Trujillo	52
2.31	Importantes oficinas gubernamentales	52
2.32	Bloques de viviendas construidas por el Gobierno de Balaguer	54
2.33	Faro a Colón	56
2.34	Edificios de Apartamentos.	56
2.35	Vista de la Actual de la Ciudad.	57
2.36	Densidad Poblacional por Km^2 según provincia.	58
2.37	Diversidad de Casa Rurales	63
2.38	Vista exterior, interior y planta de una casa típica del Valle de Baní, con tablas de palma y techo de cana.	64
2.39	Diversidad de Viviendas Urbanas	66
2.40	Materiales de Construcción.	68
2.41	Oferta Total de Recursos Energéticos, 2010.	72
2.42	Consumo Energético Sectorial, 2010.	73
2.43	Portadas de uno de los Boletines.	83
2.44	Portadas de algunos de los Reglamentos.	85
2.45	Centro Comercial Ágora, en el día.	89
2.46	Centro Comercial Ágora, en la noche.	89
2.47	Diseño de la Torre Anacaona 27	91
2.48	Registro de la Torre Anacaona 27 en LEED	91
2.49	Planta Arquitectónica Oficinas Grupo Banas	92
2.50	Oficinas Grupo Banas	92
2.51	Zonas más favorables de Recurso Eólico	94
2.52	Concesiones para Proyectos Eólicos	95

ÍNDICE DE FIGURAS

2.53	Esquema del Parque Los Cocos	96
2.54	Vista aerea del Parque Los Cocos	97
2.55	Central de energía solar en Monte Plata, República Dominicana	98
2.56	Concesiones para Proyectos Solares	99
2.57	Potencial de Biocombustible y Biomasa por provincia.	100
2.58	Procesando Bagazo de Caña.	101
2.59	Concesiones para Proyectos Minihidroeléctricas	103
3.1	Componentes de la Sostenibilidad.	109
3.2	Modelo de Referencia de Unifamiliar de 1 nivel	114
3.3	Modelo de Referencia de Multifamiliar de 4 niveles	114
3.4	Estructura planteada para la Metodología.	115
3.5	Efectos de la Orientación de los edificios.	116
3.6	Esquema de Ganancia de Calor Solar.	116
3.7	Cerramientos y Huecos.	117
3.8	Partes del cerramiento.	118
3.9	Efectos de la protección solar.	119
3.10	Vistas del Software EnergyPlus.	120
3.11	Pantallas del Ecotect Analysis: Solar Tool.	122
3.12	Estructura modular de DesignBuilder.	123
4.1	Diagrama Psicométrico del Mes de Junio.	131
4.2	Temperaturas en el transcurso de los meses del año.	132
4.3	Temperatura Operativa Promedio de las semanas del año.	132
4.4	Modelo de Referencia de Vivienda Unifamiliar de 1 nivel	135
4.5	Recorrido Solar en el MR.	136
4.6	Planos de distribución del MR según la orientación.	137
4.7	Comparación de las Temperaturas Operativas Medias según la orientación.	138
4.8	Mejor y peor orientación del MR.	140
4.9	Ganacias(+) y Perdidas (-) de Calor en kW del MR.	141
4.10	Longitudes de Aleros de Sombreamiento para el MR.	141
4.11	Temperaturas y humedades en un día de muestreo con las diferentes longitudes de Aleros en el MR.	143
4.12	Resultados de las Cubiertas: C1, C1b, C2 y C2b	148

ÍNDICE DE FIGURAS

4.13	Resultados de las Cubiertas: C3, C3b, C4 y C4b	150
4.14	Mejor solución de Cubierta: C4	151
4.15	Resultados de las Fachadas: F1, F1b, F2 y F2b	156
4.16	Resultados de las Fachadas: F3, F3b, F4 y F4b	159
4.17	Mejor solución de Fachada: F3	160
4.18	Mejor Combinación de Cubierta y Fachada: C4-F3 para la semana más calida	162
4.19	Mejor Combinación de Cubierta y Fachada: C4-F3 para la semana más fría	163
4.20	Modelo de Referencia del Edificio Multiplanta de 4 nivel	164
4.21	Recorrido Solar en el MR Multiplanta.	165
4.22	Planos de distribución del MR-multiplanta según la orientación.	166
4.23	Comparación de las Temperaturas Operativas Medias del Edificio según la orientación.	167
4.24	Comparación de las Temperaturas Operativas Medias por nivel según la orientación.	169
4.25	Mejor y peores orientaciones del MR-multiplanta.	171
4.26	Diferentes tipos de protecciones solares exteriores.	172
4.27	Representación de los aleros en el MR-Multiplanta.	173
4.28	Temperaturas interiores y humedades relativas en el edificio en un día de muestreo del MR y MR-aleros de 1 m.)	174
4.29	Temperaturas y humedades relativas para los niveles 1 y 2.	175
4.30	Temperaturas y humedades relativas para los niveles 3 y 4.	175
4.31	Tipos de Parasoles analizados.	176
4.32	MR-Multifamiliar con parasoles horizontales: MR-PSH.	177
4.33	MR-Multifamiliar con parasoles horizontales solamente en las fachadas Oeste y Este.	179
4.34	Humedades relativas de las distintas longitudes de parasol horizontal. . .	180
4.35	Detalle por nivel del MR-PSH de 1.0 m.	180
4.36	MR-Multifamiliar con parasoles horizontales y verticales: MR-PSHL. .	181
4.37	Comparación de la humedad relativa en el MR-Multiplanta y el MR- PSHL de 1.0 m.	182
4.38	Detalle por nivel del MR-PSHL de 1.0 m.	182
4.39	MR-Multiplanta con parasoles laterales verticales: MR-PSV.	182

ÍNDICE DE FIGURAS

4.40	Comparación de la humedad relativa en el MR-Multiplanta y el MR-PSV de 1.0 m.	184
4.41	Detalle por nivel del MR-PSV de 1.0 m.	184
4.42	Diagrama de cómo trabaja el efecto chimenea en el edificio.	188
4.43	Mejor solución de cubierta para el edificio multiplanta.	193
4.44	Mejor solución de fachada para el edificio multiplanta.	200
4.45	Mejor Combinación de Cubierta y Fachada: C4b-F3b para la semana más cálida.	205
4.46	Mejor Combinación de Cubierta y Fachada: C4b-F3b para la semana más fría.	206

Índice de cuadros

2.1	Población censada y tasa de crecimiento media anual, según año del censo (1920-2010).	59
2.2	Composición de la población por sexo, según grupos de edades	60
2.3	Población nacional según zona y sexo	61
2.4	Total de Viviendas por Ocupación.	62
2.5	Porcentaje de viviendas en las zona rural.	65
2.6	Porcentaje de viviendas en las zona urbana.	67
2.7	Materiales en utilizados en Paredes exteriores.	69
2.8	Materiales en utilizados en Techos.	70
2.9	Materiales en utilizados en Techos.	71
2.10	Clasificación del Sector Residencial.	74
2.11	Intensidades Energéticas Útiles - Residencial Urbano. (kep útiles/hogar)	75
2.12	Intensidades Energéticas Útiles - Residencial Rural. (kep útiles/hogar) .	76
3.1	Porcentaje de viviendas en las zona urbana.	111
3.2	Indice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas.	112
3.3	Cubierta y Fachada del Modelo de Referencia	113
4.1	Sensación térmica según la humedad del ambiente.	130
4.2	Datos de configuración del Modelo en DesignBuilder	136
4.3	Temperaturas y Humedad Relativa de todas las Orientaciones.	138
4.4	Resultados de todas las Orientaciones por hora.	139
4.5	Temperaturas Operativa Promedio y su porcentaje de mejora.	142
4.6	Energía Solar en Muros: + ganancia y - perdidas.	142

ÍNDICE DE CUADROS

4.7	Primera parte de Cubiertas Modificadas	145
4.8	Resultados de las Simulaciones de las Soluciones de Cubiertas	146
4.9	Segunda parte de Cubiertas Modificadas	149
4.10	Primer parte de Fachadas Modificadas: F1, F1b, F2 y F2b	153
4.11	Resultados de las Fachadas	154
4.12	Segunda parte de Fachadas Modificadas	157
4.13	Resultados de la Combinación de Cubierta y Fachada: C4-F3	161
4.14	Temperaturas y Humedad Relativa de todas las Orientaciones.	167
4.15	Temperaturas y Humedades Relativas por nivel de todas las Orientaciones. 168	
4.16	Resultados de todas las Orientaciones por horas.	170
4.17	Temperaturas operativa promedio y porcentaje de mejora en aleros.	174
4.18	Temperaturas operativa promedio y porcentaje de mejora en parasoles horizontales.	178
4.19	Temperaturas operativa promedio y porcentaje de mejora en parasoles horizontales E y O.	179
4.20	Temperaturas Operativa Promedio y porcentaje de mejora en Parasoles H y V.	181
4.21	Temperaturas Operativa Promedio y porcentaje de mejora en parasoles verticales.	183
4.22	Transmitancia térmica y coste de implementación de las alternativas.	187
4.23	Resultados en función de horas de confort de las Soluciones de Cubiertas. 190	
4.24	Resultados de porcentaje de confort térmico de las Soluciones de Cubiertas. 191	
4.25	Resultados de las Simulaciones de las Soluciones de Cubiertas	192
4.26	Transmitancia térmica y coste de implementación de las alternativas.	194
4.27	Resultados en función de horas de confort de las Soluciones de fachadas. 197	
4.28	Resultados de porcentaje de confort térmico de las Soluciones de fachadas. 198	
4.29	Resultados de las Simulaciones de las Soluciones de fachadas	199
4.30	Transmitancia térmica y coste de implementación de las alternativas.	201
4.31	Resultados en función de horas de confort de las Soluciones de fachadas. 202	
4.32	Resultados de porcentaje de confort térmico de las Soluciones de fachadas. 203	
4.33	Resultados de las Simulaciones de la mejor combinación de Cubierta y Fachada.	204

El comienzo es la parte más importante de la obra.

Platón

CAPÍTULO

1

Introducción

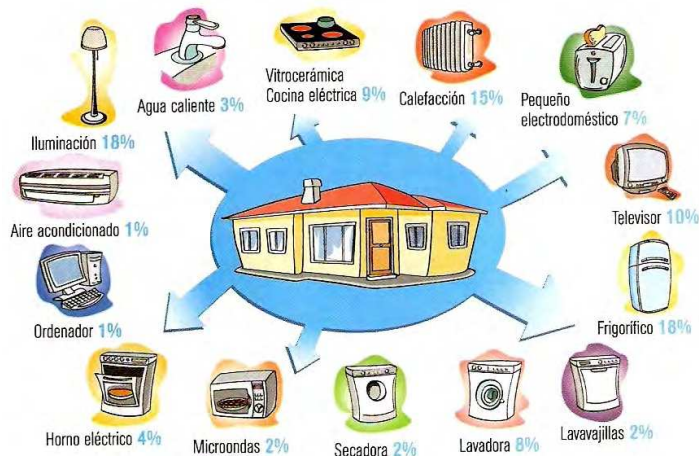
RESUMEN

En este primer capítulo muestran los diversos cambios que están afectando al mundo, asociados al cambio climático y sus efectos. Dentro de las consecuencias que provoca este fenómeno están: las olas de calor intenso, las inundaciones, los vientos huracanados, entre otros tipo de inclemencias en el clima. El ser humano dispone de los edificios para refugiarse de estos fenómenos; y en este sentido esta tesis se centra en proporcionar a las viviendas en República Dominicana, de mejoras en el confort interior para sus habitantes, con el mínimo consumo energético.

Por otro lado, se presentan los objetivos tanto generales como específicos, los cuales pretenden ser alcanzados en esta tesis doctoral. A su vez, se explica la estructura establecida para la misma, identificando cada uno de sus capítulos, acompañado de su resumen, concluyendo, con la relevancia y utilidad de la investigación realizada.

1.1 Antecedentes

El consumo de energía en todo el mundo está aumentando, debido a que la sociedad demanda cada vez mayores niveles de confort y de calidad de vida. Esto hace que la sociedad consuma más energía, y como hasta ahora un porcentaje muy alto de dicha energía se obtiene de fuentes de energía no renovables, esto genera un gran impacto ambiental en el entorno, que es una de las causas principales del cambio climático. El sector de la construcción se considera el mayor contribuyente individual al consumo mundial de energía y generador de las emisiones de gases de efecto invernadero[1]. Más específicamente, el sector residencial con sus altos niveles de demanda de energía, representa una parte importante de nuestro entorno construido[2] [3]. Por lo tanto, una buena comprensión de la naturaleza y estructura del uso de la energía en los edificios es crucial para establecer las futuras políticas de eficiencia energética frente al cambio climático[4]. Con respecto a este tema del cambio climático global, el consumo de energía y las emisiones de CO_2 del sector de la construcción se han convertido en un tema cada vez más crucial en el desarrollo sostenible.



(a) Fuente: TecnoBlogSanMartin.

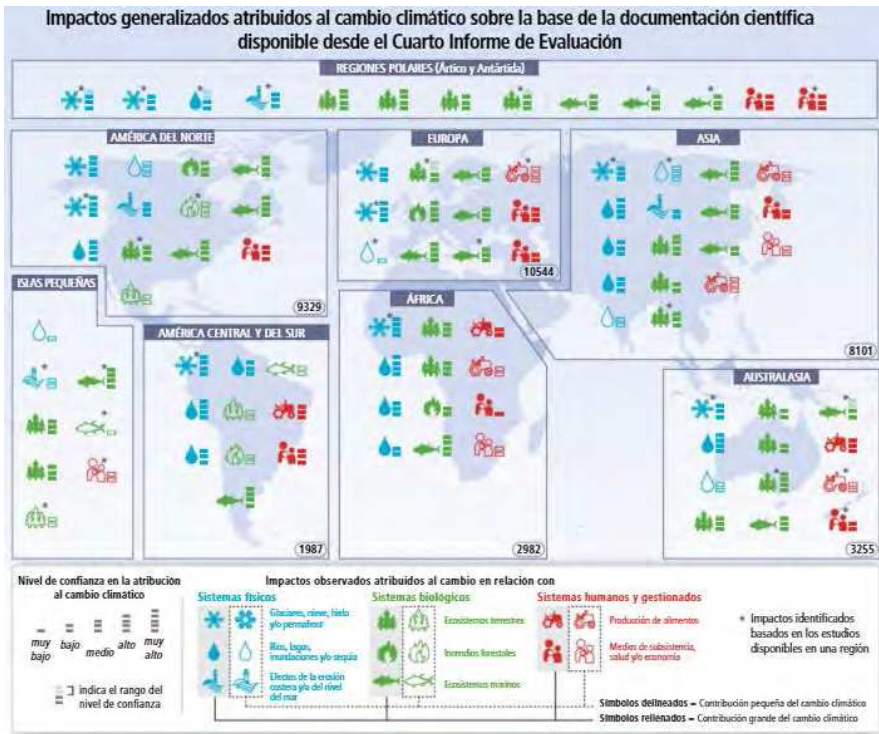
Figura 1.1: Consumo doméstico de energía eléctrica.

1.1 Antecedentes

Los desafíos de sostenibilidad relacionados con el ahorro de energía y la protección del medioambiente son enormes, y requerirán cambios importantes, no solo en la forma en que se suministra la energía sino también en la forma en que se consume[5] [6]. De acuerdo con Greenpeace, organización ecologista y pacifista internacional, la temperatura promedio global aumentó en 1.1°C en 2016, el mayor incremento de la historia de la humanidad[7] [8]. Los edificios consumen aproximadamente del 32 al 37 % de la energía global, una cifra que se espera que suba a 42 % para 2030[4]. Cualquier ahorro de energía en el sector de la vivienda dará como resultado beneficios significativos para el entorno y la propia sociedad. Lo que significa que el diseño de edificios con una demanda mínima de energía, y por lo tanto, con bajas huellas de CO_2 , son medidas muy apropiadas.

En la figura 1.2, extraída del sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC AR6, 2017), nos dan una vista de como los impactos que se están generando a nivel mundial, atribuidos al cambio climático, están afectando la población mundial y su entorno. Estos impactos están evaluados desde el punto de vista de los sistemas físicos (glaciales, nieve, hielo, ríos, lagos, inundaciones, sequía, efectos de la erosión costera y/o del nivel del mar), de los sistemas biológicos (ecosistemas terrestres, incendios forestales y ecosistemas marinos) y al igual, que de los sistemas humanos y gestionados (producción de alimentos, medios de subsistencia, salud y/o economía), catalogándolos según el nivel de certeza de que sea consecuencia del cambio climático.

Los cambios en los patrones climáticos que se presentan a nivel mundial desde hace algunos años, preocupan a todas las naciones desde distintos ámbitos. Uno de ellos es la construcción de edificios, del cual en el informe sobre: “*ClimateChange: implications for buildings*”, se revela que los edificios a nivel mundial representaron cerca del 40 % del consumo de energía y el 19 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero[9]. Esta es, en gran medida, una de las causas principales de la tendencia generalizada a la implantación de medidas, tanto prácticas como tecnológicas, que permitan la reducción del uso de energía en los edificios, y que se ha convertido en una prioridad para todas las naciones, de aquí al 2050. Cabe destacar, como los impactos del cambio climático, el estrés térmico, las precipitaciones extremas, las inundaciones continentales y costeras, los deslizamientos



(a) Fuente: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

Figura 1.2: Impactos del Cambio Climático según Informe de Síntesis del IPCC AR6.

de tierra, la contaminación del aire, la sequía y la escasez de agua, plantean riesgos en las áreas urbanas que se amplifican por falta de infraestructura y servicios esenciales o por la presencia de viviendas de mala calidad y áreas expuestas[10].

Un objetivo fundamental en el diseño de un espacio habitable es garantizar el confort térmico de sus ocupantes, con una demanda de energía mínima y que sea compatible con sus actividades interiores[11]. Hay muchas investigaciones que apuntan las interconexiones entre factores como el clima, la construcción y los costes de energía de los edificios, lo que implica que las características de un sitio deben considerarse en el diseño de un edificio, para adaptar su consumo de energía al medio ambiente. En países que se caracterizan por climas extremada-

1.1 Antecedentes

mente cálidos y húmedos, es muy difícil lograr condiciones interiores confortables mediante estrategias meramente pasivas que son aquellas que se dirigen al diseño arquitectónico de edificios, especialmente en áreas urbanas densas[12]. Además, la instalación de unidades de Ventilación de Calor y Aire Acondicionado (HVAC) de ninguna manera está disponible para los segmentos de la población con menores recursos, debido a la inversión necesaria y a los costes de la energía consumida que son generados cada año[13]. En algunos países se habla del concepto "pobreza energética", donde la gente de escasos recursos no puede pagar la energía para calentarse en zonas climáticas frías y malviven en condiciones muy alejadas del confort.



(a) Fuente: planetaverde.net.

Figura 1.3: Efectos del Cambio Climático.

El ámbito de esta tesis se ha centrado en el clima tropical húmedo, una de las clasificaciones del clima cálido, donde las altas temperaturas y los grandes niveles de humedad relativa, se mantienen durante gran parte del año, teniendo poca diferencia entre las distintas estaciones, no teniendo una estación fría en invierno. Llamado clima tropical, por estar conformado por las zonas del planeta situadas

entre los trópicos, específicamente entre la zona ecuatorial y los trópicos de Cáncer y Capricornio. Este clima presenta como principales características, niveles de temperaturas por encima de los 18°C, con temperaturas poco variables de alrededor de los 22°C, pudiendo llegar hasta los 40°C y sin presentar descensos de temperatura por debajo de los 0°C o heladas. Con niveles de humedad relativa por encima del 60 % y en ocasiones de hasta de un 100 %. Gracias a la gran cantidad de precipitaciones que se presentan durante el transcurso del año, posee una abundante vegetación, que permiten la proliferación de una vasta flora, con gran variedad de animales herbívoros y carnívoros[14].

El estudio térmico por simulaciones energéticas de viviendas sociales o residenciales en países del trópico es cada vez más frecuente. Por ejemplo, en 2017, Rodrigues Moreno et al, llevó a cabo el rendimiento térmico de la "vivienda social" basado en las regulaciones brasileñas en diferentes zonas bioclimáticas utilizando el software EnergyPlus (Brasil)[15]. En 2015, Jamaludin y colaboradores estudiaron la comodidad térmica de edificios residenciales en Malasia en diferentes microclimas utilizando el software Ecotect[16]. También en 2015, Oliveira et al, realizaron el estudio sobre confort térmico para los usuarios de acuerdo con los estándares de rendimiento de los edificios de viviendas brasileños (Brasil)[17]. En 2014, Gutiérrez et al, estudiaron el impacto de la energía térmica de las técnicas bioclimáticas aplicadas a viviendas de bajos ingresos en un clima cálido y seco, específicamente en la ciudad de Mexicali (México) utilizando el software EnergyPlus[18]. En 2013, Borge-Diez et al, llevan a cabo el estudio de climatización pasiva usando un techo fresco y ventilación natural para personas desplazadas internamente en climas cálidos: estudio de caso para Haití, la simulación se realizó usando el paquete de software EnergyPlus[19].

Por otro lado, Mastouri et al, llevan a cabo la evaluación del rendimiento térmico de las técnicas pasivas integradas en un edificio residencial en clima semiárido, ubicada en la Ciudad Verde de Benguerir en la región de Marrakech (Marruecos), la simulación se realizó utilizando el software TRNSYS[20]. En 2016, Pellegrino et al, estudiaron la reducción de la incomodidad térmica y el consumo de energía de los edificios residenciales de la India, las simulaciones se llevaron a cabo en la ciudad de Kolkata a través del software Design Builder (India)[21]. En 2015, Alves et al, realizan la investigación del rendimiento y confort térmico de los edificios

1.1 Antecedentes

residenciales para personas de la tercera edad bajo contexto de cambios climáticos en la ciudad de Sao Paulo (Brasil), para la simulación se empleó el software EDLSTAS (Thermal Analysis Software)[22]. También en 2015, Chandel y Sarkar, llevaron a cabo el estudio de evaluación del rendimiento de un edificio solar pasivo para el confort térmico y el ahorro de energía en un terreno montañoso de la India, la simulación se realizó con Quest software[23].

Entre las conclusiones de todos estos trabajos, se puede establecer que el rendimiento de los edificios depende del clima al que estén expuestos. Mejorar la vivienda y los sistemas de infraestructuras resilientes podría reducir significativamente la vulnerabilidad y la exposición en las zonas urbanas. La adaptación de las viviendas al cambio climático, requiere de plantear y estudiar alternativas constructivas, que permitan mitigar el problema del consumo energético en edificaciones consideradas adecuada y económicamente viables. Para países en vía de desarrollo con clima tropical, como lo es la República Dominicana es una medida clave [24], [25].

1.2 Objetivos

En los países de climas cálidos y húmedos, las temperaturas de sus viviendas alcanzan valores superiores a los considerados por el rango de confort térmico, siempre y cuando no se utilicen medios artificiales de control para contrarrestarlos. La necesidad de reducir la demanda energética interna en el sector residencial es evidente en el inmenso esfuerzo invertido en edificios sostenibles o "verdes"[26]; una conciencia que ha impulsado el desarrollo de nuevos materiales ecológicos e hizo que ciertas tecnologías y sistemas de construcción respetuosos con el medioambiente se hayan convertido en obligatorios.

En este contexto, nuestra investigación analiza el rendimiento térmico-energético y las condiciones de confort a través de la aplicación a un país en particular, la República Dominicana, para abordar el confort térmico interior, de forma pasiva y sostenible, dentro del esquema más representativo de unidades de vivienda[27] [28]. Siendo así el objetivo principal de esta tesis, la búsqueda de soluciones constructivas eficientes que puedan trabajar en climas tropicales húmedos y que puedan aportar reducidas temperaturas interiores a los grupos de viviendas más representativos en la República Dominicana. Centrarse en el aislamiento térmico de la envolvente es un enfoque pasivo práctico de bastante importancia, con el cual se pretende conseguir la reducción del consumo energético en refrigeración, mayormente demandado en climas húmedos y cálidos como los que se presentan en esta zona climática[20] [29]. Estas propuestas que apuntan a reducir la transferencia de calor en todo el recinto se comparan con soluciones constructivas tradicionales[30] [31].

Para lograr el objetivo principal, se ha planteado:

- Estudiar la tipología de edificaciones presentes en el país. Destacando los dos grupos mayores de edificaciones residenciales en la República Dominicana, según la Oficina Nacional de Estadística[27].
- Establecer la climatología característica del país, acorde con las condiciones climáticas de zona cálida y humedad. También, se establecerá la ubicación específica de los modelos en el país dentro del casco urbano del mismo.

1.2 Objetivos

- Construir y validar dos (2) modelos representativos de viviendas, llamados modelos de referencia (MR), contruidos a través del software de simulación de energía DesignBuilder®, impulsado por el motor de Energy Plus®[32] [33].
- Establecer el rango de confort para dichos modelos, según las normativas y estándares internacionales.
- Identificar el efecto de la orientación en los modelos de referencia representados.
- Analizar el comportamiento de los modelos, frente al uso de elementos de protección solar: Aleros y parasoles.
- Identificar posibles soluciones constructivas, que brinden mejoras en el confort térmico, sin afectar significativamente la estructura tradicional de las losas y muros de los modelos de referencia.
- Establecer la combinación de soluciones que producen la mayor mejora en el confort.
- Después de establecer las mejores alternativas para los modelos, analizar dichas soluciones económicamente, para obtener la repercusión económica en la implementación de las mismas.

1.3 Estructura del Documento

La presente tesis se ha dividido en un conjunto de 7 capítulos con la siguiente distribución:

- 1) **Introducción:** Capítulo donde se establece el acontecer mundial, desde el punto de vista climático y de consumo energético en edificaciones. También abarca los objetivos, relevancia y utilidad de la tesis doctoral.
- 2) **Estado del Arte:** Es un recorrido en detalle sobre la República Dominicana: su ubicación, su geografía, su climatología y su historia constructiva. También detalla el estado actual del entorno edificado del país, al igual que la nueva incursión en la construcción sostenible.
- 3) **Metodología de Actuación:** En este capítulo se desarrollan las herramientas informáticas que serán utilizadas para alcanzar los objetivos de la tesis, y se especifican los distintos análisis a los que serán sometidos los modelos de referencia representativos de las viviendas del país.

Dentro de los análisis planteados, se encuentra el *estudio de la orientación del edificio*, el cual permite ejercer un mejor control sobre las ganancias solares a través de paredes y aberturas en términos generales. También se *analizan los diferentes elementos de sombreado* que proporcionan protección frente al sol y que mitigan el sobrecalentamiento de la superficies de las edificaciones, debido a la radiación solar directa[34] [35] [36]. Finalmente, se proponen varias *alternativas de mejora tanto en la cubierta como en las fachadas*, usando varias técnicas de aislamiento[37].

- 4) **Aplicación de la Metodología:** Este capítulo abarcará el desglose de las discusiones y resultados del proceso de investigación. Dando a conocer en detalle, los datos e información avalados por sus respectivos estudios y análisis.
- 5) **Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación:** En este capítulo se desglosarán todas y cada una de las conclusiones a las que se llegarán, después del estudio y análisis de los modelos de referencia. Aportando de una manera clara, la repercusión del uso de la orientación óptima, la incorporación de elementos

1.4 Relevancia y Utilidad de la Tesis

de sombreado y la modificación de los componentes de la envolvente de las viviendas.

- 6) **Anexos:** Es la recopilación de los cálculos, tablas y fichas, que sustentan los resultados y las conclusiones de dicha tesis doctoral.
- 7) **Bibliografía:** Conjunto de referencias de autores con artículos, libros y publicaciones, que sirven de guía en la investigación.

1.4 Relevancia y Utilidad de la Tesis

Esta investigación quiere proporcionar medidas y alternativas constructivas, que permitan a la República Dominicana, uno de los países más ricos en biodiversidad, asumir un compromiso frente a la construcción sostenible. En vista de la carencia o deficiencia existente de la normativa Dominicana para la construcción sostenible que ayuden al sector a reducir los consumos de energía y de agua en las edificaciones modernas, se quiere proporcionar al constructor de una serie de opciones, previamente estudiadas, que puedan mostrar los beneficios que aportan las medidas constructivas sostenibles, tanto a los usuarios de dichas edificaciones, como para su entorno.

En resumen, esta investigación quiere proporcionar de las medidas correctas frente al comportamiento térmico y la eficiencia energética, a la creación de medidas que permitan ser cada vez más sostenibles de las viviendas, procurando disminuir el impacto ambiental generado. Un punto importante, es que no se pretende modificar el sistema constructivo tradicional, sino que se basa en el mismo y de una serie de materiales utilizados, los que afectaran de forma positiva y sostenible la edificación.

Ser sustentable no es sólo lavar las culpas ni sólo cuidar el medio ambiente, sino ser socialmente justo, responsable con el ambiente y, por lo tanto, también económicamente viable.

Cecilia Goya de Riviello

CAPÍTULO

2

Estado del Arte

RESUMEN

Este capítulo reseña como el concepto de sostenibilidad ha ido calando en la cotidianidad del acontecer, y a su vez, su incorporación a la construcción tradicional, ha generado la conocida comúnmente como construcción sostenible o bioconstrucción, la cual trata de evitar la generación de impactos en los nuevos edificios, como los que se han ido produciendo y producen hasta nuestros días. De su mano, también se presentan detalladamente las herramientas o sistemas creados por instituciones independientes, las cuales quieren medir y clasificar el nivel sostenible alcanzado en las edificaciones construidas.

También, de una forma resumida, de desglosa todo lo concerniente a este ambiente de estudio en la República Dominicana. Con el propósito de conocer a fondo su ubicación, su clima y todo el conjunto de su condiciones y características, que permitan estudiar con plenitud las actuales técnicas constructivas que poseen e implementan en sus viviendas.

2.1 Introducción

Desde siempre, la actividad de la construcción ha originado una serie de impactos sobre la naturaleza, algunos de ellos derivados de los materiales que habitualmente se utilizan en este sector, siendo éste uno de los sectores que mayores impactos ambientales genera en el entorno. Los edificios consumen entre el 20 % y el 50 % de recursos naturales tales como; madera, minerales, agua y combustibles fósiles contribuyendo en gran manera al aumento de las emisiones y la contaminación, tanto durante el proceso constructivo, como a lo largo de su vida útil.[38]

En este capítulo, se introduce el principio de Sostenibilidad y la implicación del mismo en el sector de la construcción, el cual se ha redescubierto, desde la década de los noventa considerado como el programa del futuro desarrollo global. Estamos avanzando en el proceso de encontrar las soluciones sostenibles acorde con las necesidades imperantes en nuestra situación actual mundial, por ende, el descubrir dichas soluciones constructivas y su aplicación ha de ser un camino largo y difícil, en que ya llevamos años de investigación.

El empleo en la construcción de criterios de sostenibles, nos llevará a utilizar de forma racional los recursos naturales disponibles para su utilización en el sector, lo que nos demandará hacer cambios importantes en los valores que éste tiene estandarizados propiamente con el actual uso de los recursos naturales y del medio ambiente que conllevan una disminución del potencial de dichos recursos para las generaciones futuras.

2.1.1 ¿Que es la Sostenibilidad?

Aunque parezca bastante novedoso y sea cada vez más utilizado desde hace unos años, nos puede sorprender lo antiguo del concepto Sostenibilidad. Su origen se encuentra en el concepto *Nachhaltigkeit* del jurista alemán Hans Carlowitz (1645-1714). Carlowitz fue el creador del término, pero no del concepto, que fue muy común durante la época medieval. Este desarrolló en 1713, una teoría sobre la utilización óptima de los bosques, que fueron las fuentes de energía para la Protoindustria¹ de hierro y plata; planteando que el volumen de la producción de esta

¹Industria domiciliaria o doméstica.

2.1 Introducción

industria no podría ser superior a la velocidad de reproducción de los bosques.[38]



Figura 2.1: Ciclo de la Sostenibilidad

Sobre *Sostenibilidad* existen muchas definiciones (o más bien de desarrollo sostenible), adaptadas según su ámbito. A continuación se presentan algunas de las más conocidas:

- *"Sostenibilidad es satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades."*[39]
- *"La Sostenibilidad consiste en la adaptación del entorno de los seres humanos a un factor limitante: la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente."*[40]
- *"La Sostenibilidad es toda acción destinada a mantener las condiciones energéticas, informacionales, físico-químicas que hacen sostenibles a todos los seres, especialmente a la Tierra viva, a la comunidad de vida y a la vida humana, buscando su continuidad, y atender también las necesidades de*

la generación presente y de las generaciones futuras, de tal forma que el capital natural se mantenga y se enriquezca su capacidad de regeneración, reproducción y coevolución.”[41]

Valores cuantitativos y cualitativos que definen la Sostenibilidad[42]

Para que se pueda considerar como sostenible un determinado modelo de desarrollo, se deben satisfacer simultáneamente un conjunto de requisitos mínimos, configurados por los siguientes valores cuantitativos y cualitativos de la sostenibilidad:

1. *Equilibrio*: La sostenibilidad busca satisfacer de forma permanente las necesidades básicas de la población, sin deteriorar el medio ambiente a largo plazo.
2. *Descentralización, carácter endógeno, autocentrado, autosuficiente del desarrollo*: Un valor propio del desarrollo sostenible es el del equilibrio entre las distintas partes de un territorio, una región o un país. En la medida en que el tejido social y territorial es rico en diversidad, calidad, autosuficiencia, nos acercamos al desarrollo sostenible.
3. *Bienes y servicios que configuran estándares de vida*: equipamientos, infraestructuras, vivienda, educación, sanidad, empleo, etc.
4. *Biodiversidad*. Conservación de los ecosistemas. Riqueza de especies. Protección de los espacios naturales.
5. *Recursos*: Agua, aire, suelo, materiales (alimentos, recursos no renovables, combustibles fósiles, minerales), energía.
6. *Contaminación*: Agua, aire, radiaciones, ruido, residuos, capacidad de autodepuración.

Desde el punto de vista de la construcción, la sostenibilidad, se puede definir como: *Aquella que teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no*

2.2 Construcción Sostenible

perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales.[43] Siendo esto, más bien la definición de construcción sostenible como tal.

2.2 Construcción Sostenible

La construcción sostenible integra de una manera esquematizada las formas de las ciudades, el entorno con el que cuenta y los edificios propiamente dichos, siendo en sí un término que abarca diversos aspectos a considerar. Uno de los principios a destacar es la adaptación de los ciclos naturales de los recursos renovables, es decir, la regeneración de los mismos.

Está más que comprobado, que no nos resulta nada fácil el cambiar los sistemas constructivos de los edificios y gestionar su funcionamiento, con el simple propósito de hacernos menos agresivos al ambiente. Con la construcción sostenible, queremos tomar en cuenta el papel finito que tienen los recursos naturales y romper con los hábitos adoptados por años con un nuevo método de construcción.

Es importante señalar que, donde pasamos más del 90 % de nuestra vida, es decir nuestro ámbito habitable, es en gran proporción el mayor responsable de la contaminación ambiental, tanto en su fase de construcción como en su fase de operación. Los edificios, una vez construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que producen o el impacto sobre el territorio y son una fuente indirecta de contaminación por el consumo de energía y agua necesarios para su funcionamiento.

La construcción sostenible procura teóricamente el racionalizar, el ahorrar, el conservar y el mejorar los recursos a utilizarse. Los parámetros que deben acatar los edificios sostenibles son mayormente los que incluyen un consumo racional de la energía y del agua a lo largo de su ciclo de vida. Otros aspectos de interés son la utilización de materiales no dañinos con el medio ambiente, usando materiales que minimicen los residuos durante la construcción y vida útil, así como también la utilización racional del suelo e integración natural en el entorno y la satisfacción de las necesidades presentes y futuras de los usuarios.

Al mismo tiempo, tiene sus consecuencias al ambiente tanto la utilización de los materiales provenientes de recursos naturales, como por el uso de grandes cantida-

des de energía que se necesitan para la fabricación de los productos de construcción finales, su instalación en obra y también para el transporte de los mismos.

Para minimizar el impacto ambiental, lo mejor es elegir materiales de origen local o regional, en un radio razonable desde el centro de la obra, en términos de coste del transporte y también utilizar soluciones que disminuyan equitativamente las consecuencias que los materiales producen sobre el espacio habitable. Por lo antes visto, la construcción sostenible, va de la mano con la ubicación de la obra, tanto por la fuente, de donde se eligen los materiales, como por las soluciones constructivas y bioclimáticas requeridas en el entorno.

Con la ayuda de la arquitectura bioclimática se puede variar poco o mucho de la construcción convencional, esto dependerá de los factores considerados en el diseño, siempre cuidando el espacio, la correcta orientación solar, la selección del emplazamiento del edificio, dimensionado de ventanas y así como también, la selección de los materiales de la zona, y sin olvidar la concienciación de los usuarios de los edificios.

2.2.1 Certificaciones de Sostenibilidad

En 1994, en Dinamarca, con la celebración de la Conferencia Europea de Ciudades Sostenibles y la aprobación de los participantes, se redacta la llamada Carta de Aalborg[44], donde se sientan las bases del entendimiento de lo que está ocurriendo con el planeta y sus recursos naturales, por ejemplo que:

- El 50 % de todos los recursos mundiales se destinan a la construcción.
- El 45 % de la energía generada se utiliza para calentar, iluminar y ventilar edificios.
- El 40 % del uso global del agua es para construcción.
- El 50 % del calentamiento mundial lo produce el consumo de combustible fósil en edificios.

Es por ello, que en los posteriores años a la conferencia, se ha realizado un especial empeño de mejorar estos puntos en la construcción. Con el fin de realizar estos ajustes, se inician los controles en cuanto a la eficiencia energética de las

2.2 Construcción Sostenible

edificaciones, el uso de nuevos materiales, la reutilización y el reciclaje, todo ello ligado a la construcción sostenible.

Como objetivo de valoración de la sostenibilidad en los edificios, una serie de instituciones internacionales han creado sellos o certificaciones y sistemas, los cuales toman en cuenta las características y los valores que se han tenido en cuenta para evaluar la construcción sostenible en dichas edificaciones.

El campo de herramientas para la evaluación ambiental es enorme, y por ello Appu Haapio y Pertti Viitaniemi de la Universidad Tecnológica de Helsinki en Finlandia, se plantearon en 2008, una revisión crítica de la construcción de instrumentos de evaluación ambiental[45], para analizar y categorizar las herramientas existentes. Este estudio analizó las herramientas internacionalmente conocidas en grupo, no de forma individual, ya que no podían ser comparadas, por utilizar diferentes formas de evaluación.

Se resumen a continuación los certificados más importantes, con prestigio y reconocimiento mundial:

Certificación LEED, USA

El sistema de certificación LEED¹ se basa en el análisis y validación por parte del United State Green Building Council (USGBC), permitiendo con esto la identificación e implementación de diseños prácticos y medibles de edificios verdes, construcción, operaciones y soluciones de mantenimiento. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales.



Figura 2.2: Sellos de Certificaciones LEED

¹Leadership in Energy & Environmental Design

Si bien LEED fue inicialmente concebido en Estados Unidos, siendo el sistema dominante utilizado en este país, se ha venido utilizando en otras partes del mundo adaptándose a los múltiples mercados, existiendo en la actualidad edificios certificados en más de 30 países. Más de 400 edificios de Estados Unidos han recibido la certificación LEED y más de 3.400 edificaciones están registradas. Las estadísticas del US Green Building Council también reflejan el aumento de las construcciones verdes en América Latina. Tomando como referencia el sistema de puntuación ideado por esta entidad para categorizar los proyectos LEED, se encuentra que dos proyectos han obtenido la máxima puntuación en Latinoamérica (platino): Eldorado Business Tower en Brasil y Oficinas Bioconstrucción en México.



(a) Fuente: US Green Building Council

Figura 2.3: LEED en Latinoamérica

Entre tanto, en la categoría oro hay 33 edificaciones certificadas. En la categoría Plata hay 19 proyectos aprobados y en la categoría Certificado que demanda menos

2.2 Construcción Sostenible

puntos, se ha entregado el sello a 15 proyectos.

28 Points Achieved		Possible Points: 69	
Certified 26 to 32 points		Silver 33 to 38 points	
Gold 39 to 51 points		Platinum 52 or more points	
6 Sustainable Sites Possible Points: 14		6 Materials & Resources Possible Points: 13	
Y	Prereq 1 Erosion & Sedimentation Control	Y	Prereq 1 Storage & Collection of Recyclables
1	Credit 1 Site Selection		Credit 1.1 Building Reuse, Maintain 75% of Existing Shell
	Credit 2 Urban Redevelopment		Credit 1.2 Building Reuse, Maintain 100% of Existing Shell
	Credit 3 Brownfield Redevelopment		Credit 1.3 Building Reuse, Maintain 100% Shell & 50% Non-Shell
1	Credit 4.1 Alternative Transportation, Public Transportation Access	1	Credit 2.1 Construction Waste Management, Divert 50%
	Credit 4.2 Alternative Transportation, Bicycle Storage & Changing Rooms	1	Credit 2.2 Construction Waste Management, Divert 75%
	Credit 4.3 Alternative Transportation, Alternative Fuel Refueling Stations	1	Credit 3.1 Resource Reuse, Specify 5%
	Credit 4.4 Alternative Transportation, Parking Capacity	1	Credit 3.2 Resource Reuse, Specify 10%
1	Credit 5.1 Reduced Site Disturbance, Protect or Restore Open Space	1	Credit 4.1 Recycled Content, Specify 25%
1	Credit 5.2 Reduced Site Disturbance, Development Footprint	1	Credit 4.2 Recycled Content, Specify 50%
1	Credit 6.1 Stormwater Management, Rate and Quantity	1	Credit 5.1 Local/Regional Materials, 20% Manufactured Locally
	Credit 6.2 Stormwater Management, Treatment	1	Credit 5.2 Local/Regional Materials, of 20% Above, 50% Harvested Locally
	Credit 7.1 Landscape & Exterior Design to Reduce Heat Islands, Non-Roof	1	Credit 6 Rapidly Renewable Materials
	Credit 7.2 Landscape & Exterior Design to Reduce Heat Islands, Roof	1	Credit 7 Certified Wood
1	Credit 8 Light Pollution Reduction	1	
2 Water Efficiency Possible Points: 5		7 Indoor Environmental Quality Possible Points: 15	
1	Credit 1.1 Water Efficient Landscaping, Reduce by 50%	Y	Prereq 1 Minimum IAQ Performance
1	Credit 1.2 Water Efficient Landscaping, No Potable Use or No Irrigation	Y	Prereq 2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control
	Credit 2 Innovative Wastewater Technologies		Credit 1 Carbon Dioxide (CO ₂) Monitoring
	Credit 3.1 Water Use Reduction, 20% Reduction		Credit 2 Increase Ventilation Effectiveness
	Credit 3.2 Water Use Reduction, 30% Reduction		Credit 3.1 Construction IAQ Management Plan, During Construction
5 Energy & Atmosphere Possible Points: 17		1	Credit 3.2 Construction IAQ Management Plan, Before Occupancy
Y	Prereq 1 Fundamental Building Systems Commissioning	1	Credit 4.1 Low-Emitting Materials, Adhesives & Sealants
Y	Prereq 2 Minimum Energy Performance	1	Credit 4.2 Low-Emitting Materials, Paints
Y	Prereq 3 CFC Reduction in HVAC/R Equipment	1	Credit 4.3 Low-Emitting Materials, Carpet
2	Credit 1.1 Optimize Energy Performance, 20% New / 10% Existing	1	Credit 4.4 Low-Emitting Materials, Composite Wood
2	Credit 1.2 Optimize Energy Performance, 30% New / 20% Existing	1	Credit 5 Indoor Chemical & Pollutant Source Control
1	Credit 1.3 Optimize Energy Performance, 40% New / 30% Existing		Credit 6.1 Controllability of Systems, Perimeter
2	Credit 1.4 Optimize Energy Performance, 50% New / 40% Existing	2	Credit 6.2 Controllability of Systems, Non-Perimeter
	Credit 1.5 Optimize Energy Performance, 60% New / 50% Existing	2	Credit 7.1 Thermal Comfort, Comply with ASHRAE 55-1992
	Credit 2.1 Renewable Energy, 5%	2	Credit 7.2 Thermal Comfort, Permanent Monitoring System
	Credit 2.2 Renewable Energy, 10%	2	Credit 8.1 Daylight & Views, Daylight 75% of Spaces
	Credit 2.3 Renewable Energy, 20%	1	Credit 8.2 Daylight & Views, Views for 90% of Spaces
	Credit 3 Additional Commissioning	2 Innovation & Design Process Possible Points: 5	
	Credit 4 Ozone Depletion	1	Credit 1.1 Innovation in Design: Exemplary Performance 38% Local Materials
	Credit 5 Measurement & Verification	1	Credit 1.2 Innovation in Design:
	Credit 6 Green Power	1	Credit 1.3 Innovation in Design:
		1	Credit 1.4 Innovation in Design:
		1	Credit 2 LEED™ Accredited Professional

Figura 2.4: Ejemplo de documentación LEED

Los tres proyectos en la República Dominicana que actualmente se encuentran en proceso de evaluación para esta certificación son:

- Centro Comercial Ágora
- Torre Residencial Anacaona 27
- Edificio Grupo Banas

Certificación BREEAM, Reino Unido

El sistema de certificación BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) cuenta con una gran trayectoria en el Reino Unido debido a que está adaptado a la normativa local. Este sistema evalúa criterios con base científica que cubren las categorías que evalúan la energía y los procesos de gestión del agua, la salud y el bienestar, la contaminación, el transporte, materiales, residuos y la ecología. Es un método establecido y de los más utilizados a lo largo del mundo para la evaluación, calificación y certificación de la sostenibilidad de los edificios. Más de 250.000 edificios han sido certificados BREEAM y más de un millón están registrados para la certificación, muchos en el Reino Unido y otros en más de 50 países de todo el mundo.

El resultado de la evaluación está determinado por el porcentaje total de los créditos obtenidos y ponderados con valores establecidos para cada región que se aplica el sistema de evaluación, según la escala de porcentajes:

1. **Pass** (entre 25 y 39 %)
2. **Good** (entre 40 y 54 %).
3. **Very Good** (entre 55 y 69 %)
4. **Excellent** (entre 70 y 84 %)
5. **Outstanding** (más del 85 %)

La norma BREEAM es altamente flexible, ya que se puede aplicar a prácticamente cualquier edificio y a su ubicación, con versiones para nuevos edificios, edificios existentes, proyectos de renovación y grandes desarrollos.

Certificación CASBEE, Japón

El CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) es un nuevo sistema desarrollado para el mercado japonés. Este fue creado por el Institute for Building Environment and Energy Conservation (IBEC), conjuntamente con representantes de la industria local y representantes del medio

2.2 Construcción Sostenible

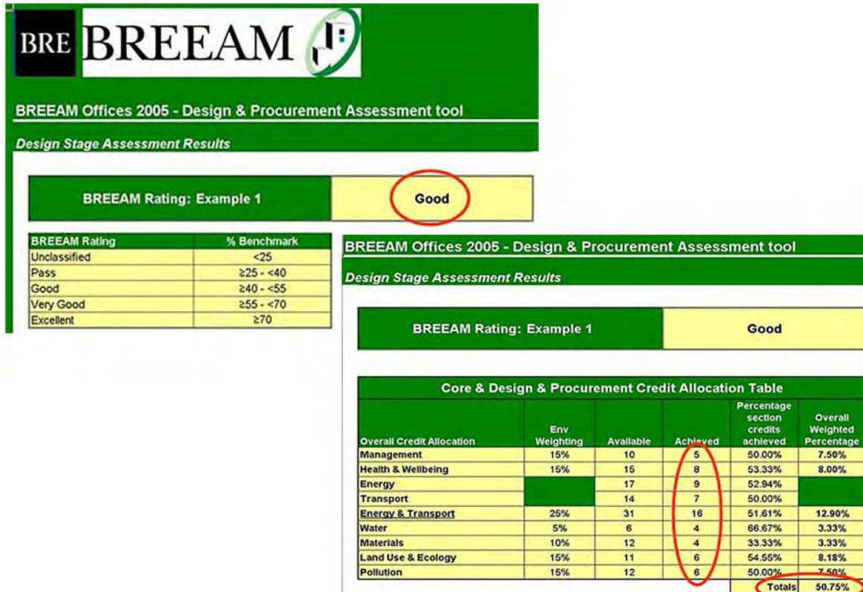


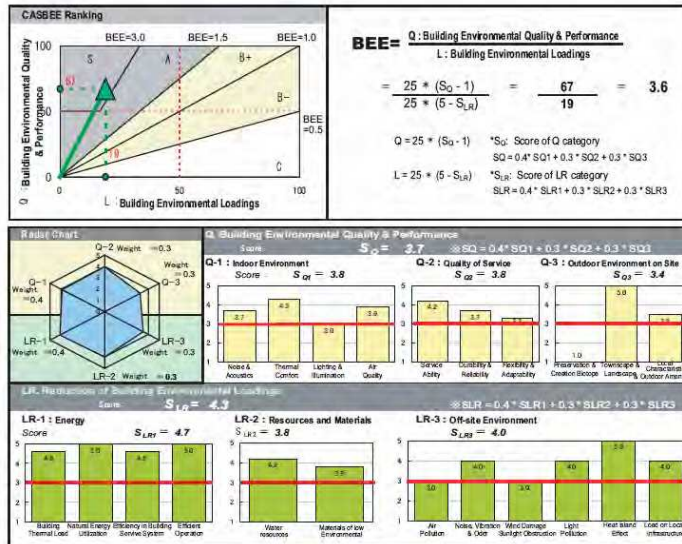
Figura 2.5: Ejemplo de documentación BREEAM

académico e institucional de Japón. Menos de 10 edificios han utilizado el sistema y todos ellos se encuentran en Japón, por lo que internacionalmente no tienen todavía reconocimiento.

Los parámetros de evaluación son organizados a partir de dos temas conceptuales base, la calidad ambiental interior del proyecto “Q” (Quality) y la carga ambiental al exterior “L” (Load), que han sido definidos a partir de los límites de influencia del objeto evaluado: el límite hipotético de la edificación y el límite hipotético del área urbana evaluada.

Para la evaluación y clasificación del objeto de certificación se ha creado el indicador BEE - Building Environmental Efficiency obtenido a partir de la función Q/L para cada categoría. La certificación final se obtiene a partir del valor del indicador BEE final, resultado de la media ponderada de los indicadores BEE de cada categoría:

1. **Excellent (S)** (3.0 o más, Q=50 o más)



(a) Fuente: Institute for Building Environment and Energy Conservation, Japón

Figura 2.6: Esquema de Sostenibilidad en edificios según BEE

2. **Very Good (A)** (entre 1.5 y 3.0)
3. **Good (B+)** (entre 1.0 y 1.5)
4. **Fairly Poor (B-)** (entre 0.5 y 1.0)
5. **Poor (C)** (menor de 0.5)

Green Building Challenge - GBTool, Canadá

Green Building Challenge (GBC), es una asociación de carácter internacional para desarrollar una mecanismo de evaluación ambiental. GBTool es una herramienta de construcción verde, un sistema internacional que se ha utilizado para evaluar los edificios sostenibles, aplicable a todo tipo de edificación. Debido a la flexibilidad inherente en la aplicación GBTool, tiende a requerir más conocimientos técnicos para implementar que otros sistemas de clasificación y utiliza gran cantidad de información del edificio y su entorno.

2.2 Construcción Sostenible

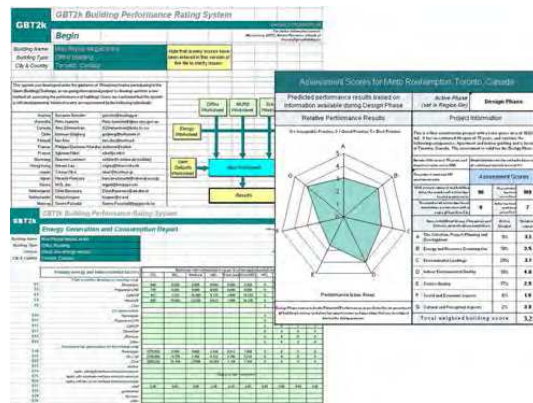


Figura 2.7: Imágenes de la herramienta GBTool

Certificación VERDE - GBC, España

La Certificación GBC–VERDE, realizada por el Green Building Council de España, examina la reducción de impacto medioambiental del edificio que se evalúa contejando el mismo con un edificio de referencia, que siempre es un edificio estándar ejecutado cumpliendo las exigencias mínimas fijadas por las normas y por la práctica común.

GBC certifica edificios de nueva construcción de cualquier tipología y rehabilitaciones de edificios residenciales. Además, permite el desarrollo de herramientas adaptables a las necesidades de empresas, administraciones públicas, etc.

Se reconoce el mérito medioambiental de la edificación evaluada, por medio de 6 niveles de certificación. (Ver figura ??)

Certificación Energética de Edificios, España

Todas las demás certificaciones engloban aspectos tanto de la calidad ambiental, así como de soluciones en su mantenimiento y operación. El campo de la eficiencia energética, es uno de los más destacados y en España tiene una certificación independiente.

La certificación energética de edificios, se realiza según la normativa española actual, de carácter obligatorio. La normativa de referencia es el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación



(a) Fuente: Green Building Council de España

Figura 2.8: Niveles de GBCe - Verde

de eficiencia energética de edificios de nueva construcción que transpone parcialmente la directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

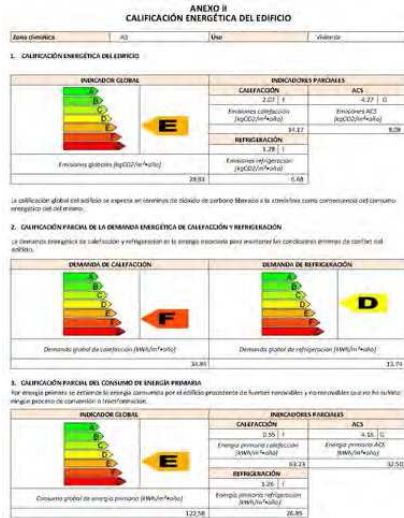
La Comisión Asesora para la certificación de eficiencia energética de edificios es el órgano colegiado de carácter permanente, que se encarga de asesorar a los Ministerios competentes en materias relacionadas con la certificación.

Tras la evaluación, el edificio deberá presentar la etiqueta de eficiencia energética obtenida, la cual es el instrumento que garantiza el derecho de información de los consumidores, y por tanto, debe incluirse en las ofertas, promoción o publicidad dirigida a la venta o arrendamiento.

2.2 Construcción Sostenible



(a) Clasificaciones Energéticas



(b) Fuente: Ejemplo del Documento

Figura 2.9: Eficiencia Energética de Edificios, España

Sistemas Equivalentes

En el campo de las certificaciones existen varios sistemas equivalentes, según el país de procedencia, como son:

- *Australia*: Nabers / Green Star
- *Brasil*: AQUA / LEED Brasil
- *Canadá*: LEED Canada/ Green Globes
- *China*: GBAS
- *Finlandia*: PromisE
- *Francia*: HQE
- *Alemania*: DGNB / BREEAM® DE
- *Noruega*: BREEAM® NOR

- *Suecia*: BREEAM® SE
- *Hong Kong*: HKBEAM
- *India*: LEED India/ TerriGriha
- *Italia*: Protocollo Itaca
- *México*: LEED México
- *Colombia*: VERDE
- *Países Bajos*: BREEAM® NL
- *Portugal*: Líder A
- *Singapur*: Green Mark and Construction Quality Assessment System (CON-QUAS â)
- *España*: BREEAM® ES / VERDE
- *Estados Unidos*: LEED/Green Globes
- *Reino Unido*: BREEAM
- *Jordania*: JGBC

También, en esta área de controles para la sostenibilidad en edificaciones, hay varios sistemas de clasificación energética en los edificios:

- *Alemania*: Passivhaus
- *Argentina*: IRAM 11900
- *Australia*: House Energy Rating
- *Canadá*: EnerGuide
- *España*: CALENER, CERMA, CE3, CE3X y LIDER.
- *Reino Unido*: National Home Energy Rating
- *Estados Unidos*: Home energy rating

2.3 República Dominicana

A lo largo de la historia, la relación entre el clima y la arquitectura ha sido siempre íntima, estableciéndose una dependencia de los materiales, las técnicas, los sistemas constructivos y el diseño de los edificios, con el clima del lugar. [46] El diseño bioclimático de la edificación tiene en cuenta las condiciones climáticas del lugar, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, viento) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía. Es importante que al construir se regulen correctamente los cambios de temperatura, manteniendo un perfecto confort térmico y ambiental sin gastos energéticos adicionales, al tiempo que se mantiene una correcta renovación del aire, respetando la respiración del edificio. Por todo lo explicado anteriormente, se presenta a continuación el territorio Dominicano, que es la zona donde se enmarcará el estudio de esta tesis.

2.3.1 Ubicación y Geografía

La República Dominicana se encuentra ubicada en la región de América Central Insular, formando parte de las Antillas Mayores, en la parte oriental de la isla Española o de Santo Domingo, ocupando las dos terceras partes de la isla, que comparte con la República de Haití. El territorio que comprende el territorio Dominicano está localizado entre las coordenadas geográficas son $17^{\circ} 36' - 19^{\circ} 58'$ latitud norte y $68^{\circ} 19' - 72^{\circ} 01'$ longitud oeste.[47]



(a) Fuente: Wikipedia



(b) Fuente: Google Maps

Figura 2.10: Localización de la República Dominicana

Su posición relativa, la sitúa entre la isla de Puerto Rico, de la cual le separa el Canal de la Mona, y la República de Haití. Los límites geográficos que delimitan su territorio son: el océano Atlántico (al norte) y el mar Caribe (al sur); sus límites, al este, el Canal de la Mona y al oeste, la República de Haití.

Nuestro país tiene una extensión de 286 kilómetros de norte a sur y 390 kilómetros de este a oeste. Debido a su extensión de 48,442 kilómetros cuadrados, incluyendo sus islas adyacentes, ocupa el segundo lugar en tamaño de los países de las Antillas Mayores, después de Cuba. Entre sus islas periféricas están: Saona, Beata, Catalina y Alto Velo.

A pesar de ser una isla de reciente formación, ha atravesado por extraordinarios procesos de meteorización y erosión que ha definido su relieve como muy accidentado, ocupado en un 50 % por cinco sierras y tres grandes cordilleras (Central, Septentrional y Oriental), dentro de ellas, la cordillera Central es donde se localiza la elevación más alta de las Antillas, el pico Duarte (con 3,187 metros). El resto de la superficie del territorio nacional está conformado por cuatro grandes valles: el del Cibao, el de San Juan, el de Bonaó, el de Villa Altigracia y el de Neyba, siendo el principal el Valle del Cibao.[48]

Las aguas interiores representan el 1.6 % del territorio nacional. Su hidrografía está compuesta por diversos lagos, lagunas y ríos, algunos de las cuales se han convertido en atractivos turísticos de gran importancia, como lo es el lago Enriquillo¹, junto a sus más de 1,500 kilómetros de hermosas playas, localizadas en el Este, el Norte, el Nordeste y el Sur, entre otros puntos.

Hay numerosas cuencas fluviales, y entre ellas existen algunas que, por el volumen de agua que transportan, las dimensiones territoriales que abarcan y por el uso que se les da a sus aguas, se consideran las más importantes. Como son las de los ríos:

- Yaque del Norte
- Yuna
- Yaque del Sur
- Ozama
- Artibonito.

¹Es el resto de un antiguo canal marino y la mayor reserva natural de agua, con una superficie aproximada de 375 km²

2.3 República Dominicana

2.3.2 División Político-Administrativa

La división territorial del país se compone de un Distrito Nacional y 31 provincias. De igual forma, se encuentra dividido en 10 regiones administrativas, las cuales están nucleadas en tres macrorregiones: **Cibao**: constituida por las regiones: Cibao Norte, Cibao Sur, Cibao Nordeste y Cibao Noroeste; **Suroeste**: formada por las regiones: Valdesia, Enriquillo y El Valle; y **Sureste**: compuesta por las regiones: Yuma, Higuamo y Ozama o Metropolitana. (Ver figura: 2.11)



(a) Fuente: ONE

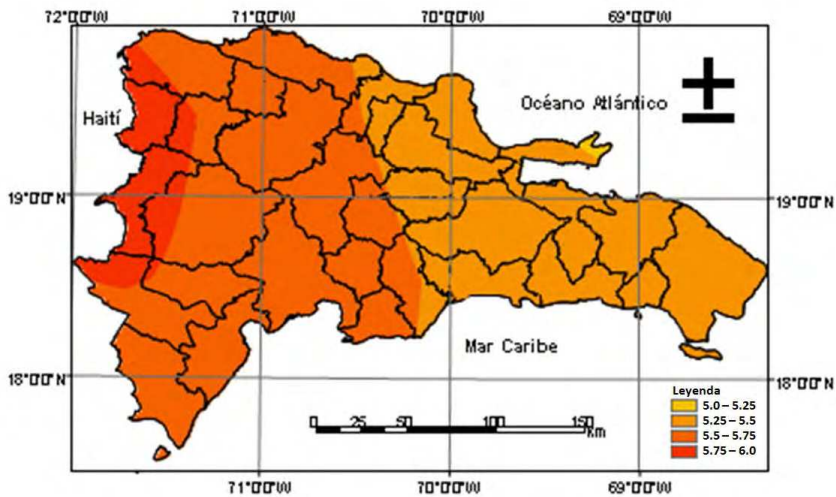
Figura 2.11: División Territorial de la Rep. Dominicana, según región y provincia.

El territorio nacional tiene forma de triángulo, cuya base es la línea fronteriza con la República de Haití. La irregularidad de sus lados le da un perímetro de 1,963 km. La línea costera se extiende unos 1,576 km y la línea fronteriza con la República de Haití 388 km. Sus dimensiones son: 390 km de longitud, desde cabo Engaño, en la provincia La Altagracia, hasta el paraje Las Lajas en la provincia

Independencia y 265 km de ancho, desde cabo Isabela, en la provincia de Puerto Plata hasta el cabo Beata, en la provincia de Pedernales.

2.3.3 Radiación Solar

Existe un sólido potencial solar en la República Dominicana, con una irradiancia horizontal global¹ (GHI) promedio, generalmente en el rango de 210 a 250 vatios por metro cuadrado (W/m²), comparable con el potencial del suroeste de EE. UU. y superior a otras áreas bien posicionadas, tal como la costa del Mar Mediterráneo.



(a) Fuente: Comisión Nacional de Energía.

Figura 2.12: Radiación Solar Promedio Anual

Este potencial de la energía solar ha sido evaluado por el programa SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment auspiciado por el Fondo Mundial Ambiental), los datos arrojados en cuanto al potencial de radiación solar global

¹Irradiancia horizontal global (GHI): La cantidad de radiación solar total por unidad de área que es interceptada por una superficie plana, horizontal.

2.3 República Dominicana

(radiación solar promedio sobre una superficie horizontal) varían entre 5.25 y 5.50 kWh/m²/día en la mitad oriental del país y 5.50 y 5.75 a 6.00 kWh/m²/día en la segunda mitad occidental. [49] (Ver figura: 2.12)

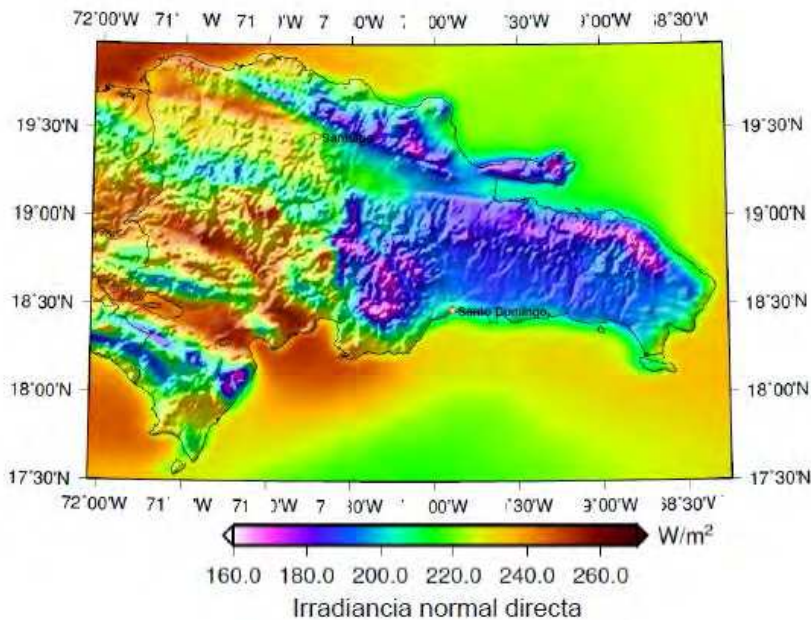


Figura 2.13: Irradiación normal directa (DNI) de la República Dominicana

El recurso solar Dominicano es intenso de acuerdo a estándares globales. La irradiación horizontal global promedio es más alta de junio a agosto, con el promedio de julio en 6.72 kWh/m²/día (280.3 W/m²). La irradiación horizontal global permanece alta, entre 5.66 y 6.22 kWh/m²/día en marzo, abril, mayo y septiembre, pero declina abruptamente el resto del año, alcanzando un mínimo de 4.05 kWh/m²/día en diciembre. Durante el día, la GHI tiene picos temprano en la tarde durante el año, siendo las más altas entre las 11 a.m. y las 4 p.m. y, por lo general, con picos entre 1 y 2 p.m.

2.3.4 Condiciones Climáticas

Por su posición geográfica, en la llamada zona intertropical, hace que su clima sea clasificado como tropical, influido por diversos factores geográficos, como la orografía y la influencia de los vientos alisios; modificado por las brisas marinas, las corrientes oceánicas y la altitud. A eso hay que agregar que se encuentra colocada en la trayectoria de los fenómenos meteorológicos migratorios, como son: ondas tropicales (mayo-noviembre), ciclones tropicales (junio-noviembre), frentes polares (diciembre-febrero), vaguadas, bajas y altas presiones (todo el año).

2.3.4.1 Temperaturas

Su temperatura máxima media anual es de 28°C, y la más elevada de 34°C registrada entre los meses de junio hasta agosto y la más baja de 15°C que se verifica entre los meses de diciembre y febrero. En las zonas montañosas se han registrado temperaturas de hasta 5° C en los meses de invierno.

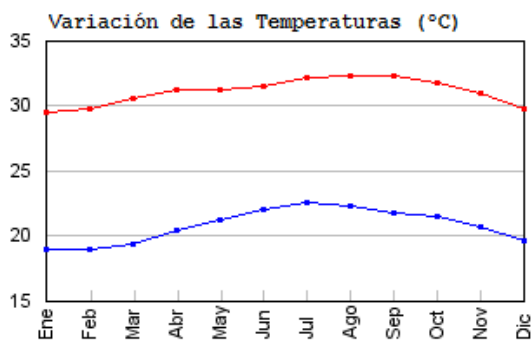


Figura 2.14: Variación de Temperaturas Máximas y Mínimas en función del Mes.

La isoterma media que pasa por Santo Domingo es de 24°C en enero, mientras la de agosto es de 27°C. Constanza, que en enero tiene una isoterma de 18°C, en agosto queda encerrada dentro de una isoterma que es de 20°C.

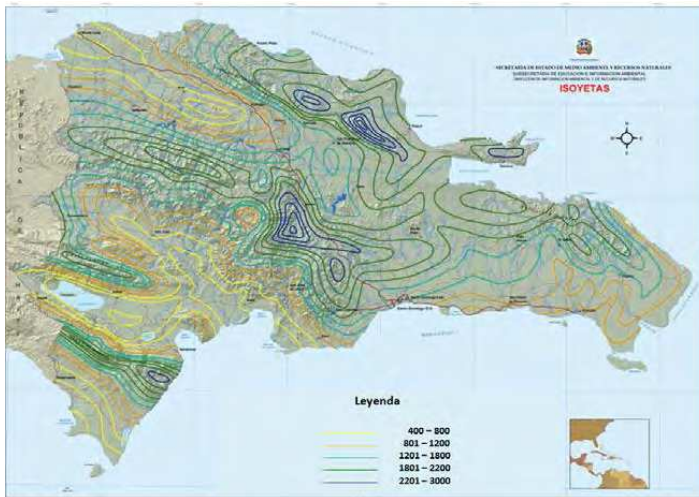
Históricamente, la temperatura más baja registrada en el país le corresponde a Valle Nuevo en la Cordillera Central, donde el termómetro descendió a -3.5° C el 2 de marzo de 1959, siguiendo Constanza con -1° C, en fecha 6 de febrero de 1958. La temperatura más alta se presentó en Mao, en fecha 31 de agosto de 1954,

2.3 República Dominicana

cuando el termómetro subió hasta 43° C, siguiéndole Duvergé con 42.8° C, el 29 de agosto de 1965.

2.3.4.2 Precipitaciones

El territorio dominicano presenta un promedio de lluvia media anual de unos 1500 mm. pero en su distribución durante el año se presentan grandes variaciones como en la región noroeste y Hoya de Enriquillo con valores inferiores a 500 mm., en comparación con las vecindades de Villa Altigracia, región noreste y Polo en la Sierra de Bahoruco, con valores al año que superan los 2400 mm. [48]



(a) Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Figura 2.15: Mapa Isoyetas de Lluvia y Temperatura.

Independientemente de la sequía estacional que afecta al país durante los meses de marzo y abril de cada año, la República Dominicana es un país de abundantes precipitaciones, presenta un clima predominante tropical húmedo de sabana, con dos temporadas de lluvias, en el que la influencia del régimen de los vientos alisios, el complejo relieve y las masas de agua que lo bordean, como factores locales hacen que el clima del país presente una serie de variantes micro climáticas, aunque la

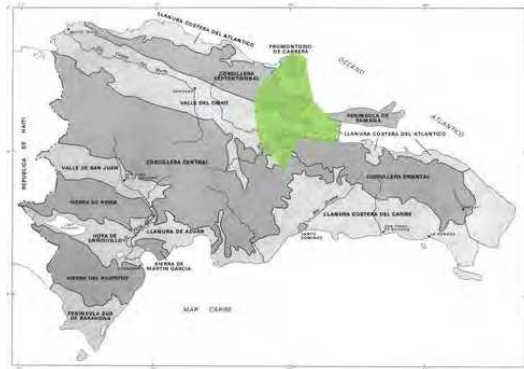


Figura 2.18: Localización Aproximada Microclima Tropical Húmedo de Selva.

Seco Estepario: Su temperatura media se aproxima a los 30° C y descende por las noches. Precipitación por debajo de 500 mm. al año. Vegetación xerófila.

Para este microclima podría adaptarse esta distribución geográfica aproximada:

- El valle inferior del Yaqué del Norte
- La Hoya de Enriquillo
- El Llano de Azua y la Sierra Martín García
- Pedernales y Cabo Rojo

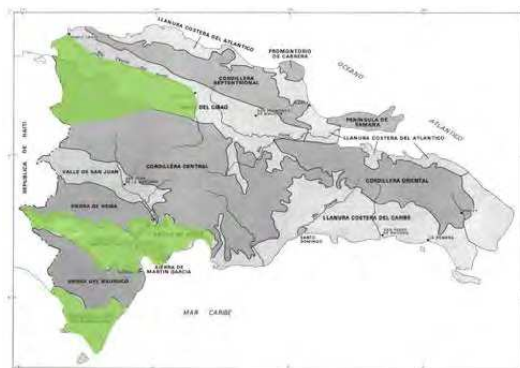


Figura 2.19: Localización Aproximada Microclima Seco Estepario.

Templado Húmedo: Su temperatura media va por debajo de los 18° C, menos en el verano que aumenta de 19° C a 20° C. Todos los meses temperatura por debajo de 18°C, menos en verano, cuando la media mensual llega a 19°C y 20°C.

2.3 República Dominicana

Precipitación de 1,000 a 1500 mm. Vegetación de hortalizas, flores y frutas de clima templado.

Localización:

- Municipio de Constanza
- Los Arroyos (Pedernales)

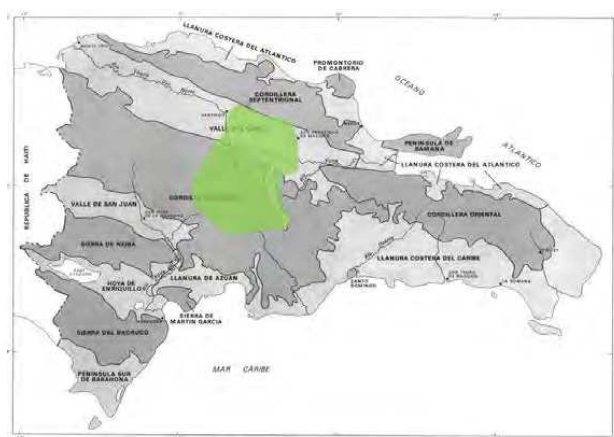


Figura 2.20: Localización Aproximada Microclima Templado Húmedo.

La clasificación tradicional y científica que coloca a la República Dominicana dentro de los países de clima tropical, no contradice, sino que confirma el estudio de los microclimas bosquejados en los párrafos anteriores.

Para un examen más completo del clima de nuestro país, es necesario conocer, sin embargo, los siguientes factores:

1. El dominio de los vientos del Este, o sea el alisio del Atlántico, que a pesar de ser constante puede ocasionar cambios repentinos ligeros de un día a otro, y aún perturbaciones violentas.
2. La temperatura de los mares vecinos. Esta no es igual en el Océano Atlántico y en el Mar Caribe. Las cifras estadísticas revelan que el Océano Atlántico tiene temperaturas más bajas que el Mar Caribe, por estar más cerca de la

línea ecuatorial, y porque también las aguas costeras del Norte reciben los efectos de las bajas temperaturas del Atlántico Norte.

3. El relieve de la isla, que, unido a su extensión, ocasionan notables variaciones climáticas. Compárese, por ejemplo, las cifras de Constanza, donde la temperatura baja a 0° C con los elevados valores de Jimaní o Mao, lugares donde el termómetro en verano marca a veces 38° C y 39° C.
4. La latitud de la isla. La isla está colocada en una zona tórrida, que es el área de máxima insolación del globo terráqueo. Se sabe que en la zona tórrida los rayos solares caen verticalmente casi todo el año y hay mayor calentamiento.
5. La tierra insular. El hecho de ser una isla bastante alejada de las masas continentales libra a Santo Domingo de las temperaturas extremas a que están sometidos los continentes. Es decir, no se registran las bajas temperaturas del invierno ni se sienten los intensos calores del verano.

2.3 República Dominicana

2.3.5 Historia y Antecedentes de la Construcción

Con el propósito de tener una representación, sobre lo que ha sido la historia de la construcción dominicana, el origen de las diversas formas y soluciones que la gente ha dado a las necesidades de los edificios, proporcionándoles un conocimiento sobre lo que ha ocurrido en nuestro territorio.

Abordarlo desde diferentes etapas de nuestro devenir histórico, esta síntesis, nos llevará por la evolución de los materiales de construcción que desde sus inicios fueron de origen rústico y una mano de obra no cualificada, hasta la industrialización de las materias primas de las edificaciones y los nuevos esquemas de diseño.

2.3.5.1 Antes de 1492

Desde antes de la llegada de Cristóbal Colon al Caribe, estas tierras eran habitadas por grupos nómadas o sedentarios; la huella de estos ha sido investigada y remontada a las costas del centro y sur del continente americano y en las islas antillanas, sugiriendo que fue una zona única afectada por variaciones en los niveles del mar desde muchos siglos antes; dejando así, un fácil acceso a las islas y a el continente, para los habitantes del Amazonas, el Orinoco y el Magdalena. [50]



Figura 2.21: Mapa Elaborado por Henri Chatelain de 1719.

Los primeros pobladores aborígenes de la isla, llamada Haití por sus primitivos habitantes, fueron procedentes de las cuencas del Orinoco Venezolano. Estos pue-

blos acostumbraban colocar sus viviendas a lo largo de las orilla de los ríos, de los estanques, de las ensenada y de las bahías marinas, ya que se dedicaban a la pesca, la caza y la agricultura.



Figura 2.22: Palma y Yarey: Materiales Vegetales para la Construcción.

Todas sus construcciones, los caneyes, que utilizaban la mayoría de la población, y los bohíos, principalmente para los caciques o jefe de las tribus, eran de madera, techado de cana, yarey, paja o yagua, materiales derivados todos de la palma real (*Roystonea hispaniolana*) y la palma cana (*Sabal domingensis* y *Sabal causiarum*)[51]

Ninguno de los grupos de cultura indo-antillana utilizó la piedra como material de construcción. Los más adelantados construyeron sus viviendas con materiales vegetales, que no resistían todas las inclemencias del tiempo, estando ubicados en una zona altamente propensa al paso de huracanes. Mientras, los más atrasados eran habitantes de abrigo rocoso y cavernas, por lo que no llegaron a nuestra época ningún tipo de vivienda construida por ellos.[51]

2.3 República Dominicana

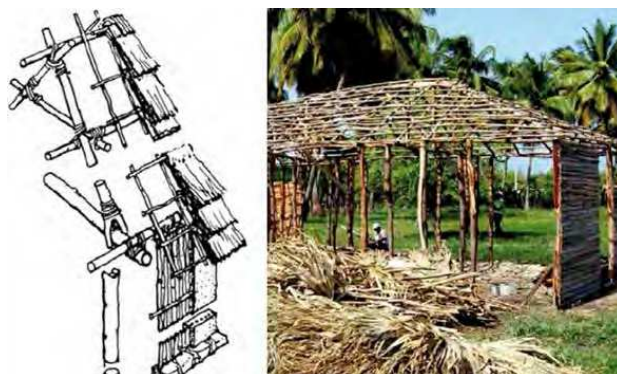
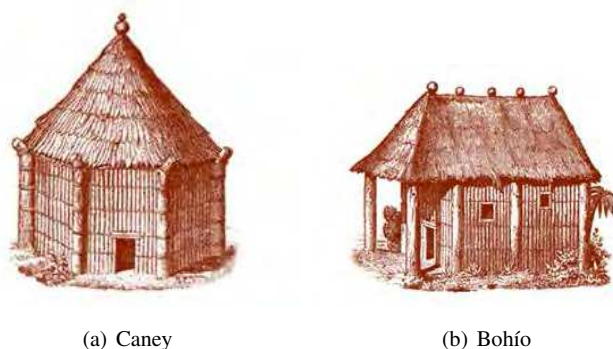


Figura 2.23: Metodo Constructivo de una vivienda de palma.

2.3.5.2 Tiempos Coloniales

Con la llegada de los españoles en 1492, es que nace la historia documentada, de la que nos llegan los primeros datos ideográficos sobre la construcción indígena. Las más amplias descripciones de los bohíos o eracras indígenas quisqueyanos nos dejan dos tipologías utilizadas, los antes mencionados Caney y Bohío. El Caney era una vivienda de planta circular y techo cónico, y el Bohío era de planta rectangular con techos a dos aguas, y las principales con galerías frontales. [52]



(a) Caney

(b) Bohío

Figura 2.24: Viviendas Aborígenes.

Como ya he mencionado antes, los materiales de construcción utilizados por los

indígenas eran productos vegetales nativos, entre los que se encuentran: la yagua¹, cana², yarey³, guano⁴, bejuco⁵, etc., siendo el método de ejecución a base de postes u horcones de madera que se enterraban en el suelo con cañas sujetadas por bejucos con los techos de palma o paja, dejando en lo alto un respiradero recubierto por un caballete, para la salida del aire caliente y del humo de las brasas que siempre mantenían en las casas. La vivienda de planta circular (Caney) desaparece, pero la rectangular (Bohío) y los métodos constructivos se siguen utilizando, por supuesto que optimizados y ajustados por los españoles.[53]

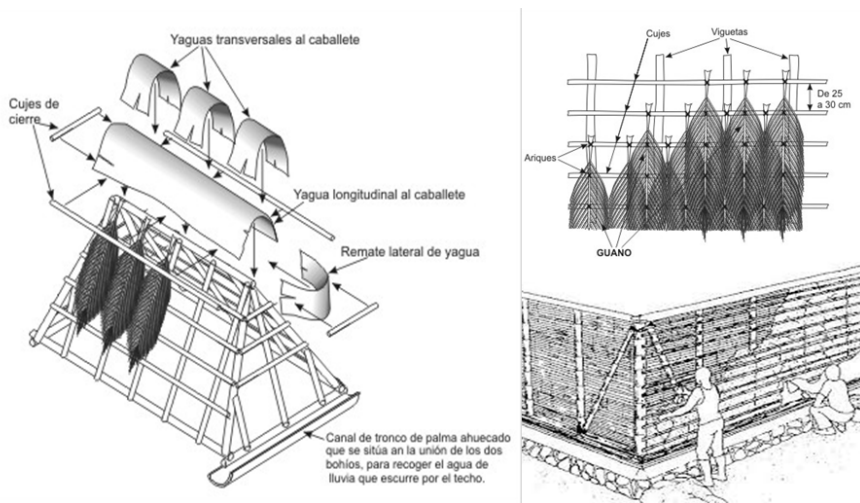


Figura 2.25: Detalles de Técnicas Constructivas utilizadas con la Palma.

Al encontrar los españoles que las viviendas de los indígenas eran apropiadas para las condiciones climáticas de la isla, las acogen proporcionándoles ciertas

¹Tejido fibroso que rodea la parte superior del tronco de la palma real.

²Palma Cana: Es una planta indígena, robusta de tronco grueso y cilíndrico, con grandes hojas palmeadas. Nombre Científico: *Sabal causiarum*.

³Planta de la familia de las Palmas, con el tronco delgado y corto y hojas plegadas, sin espinas, cuyas fibras se emplean para tejer. Nombre Científico: *Inodes causiarum*.

⁴Hojas secas o pencas de las palmas.

⁵Grupo de plantas que germinan en el suelo, que se mantienen enraizadas durante toda su vida y necesitan de un soporte para mantenerse erectas y creciendo en dirección a la luz abundante, disponible sobre el dosel arbóreo de los bosques. Lianas. Plantas trepadoras.

2.3 República Dominicana

modificaciones, adecuándolas a sus necesidades y forma de vida, introduciendo así nuevos materiales y nuevas tecnologías. Es de suponer que con los nuevos instrumentos de trabajo con que contaban los conquistadores, estos podían trabajar mejor la madera de palma y sacar las estrechas tablas o tiras, introduciendo esta como nuevo material de construcción, utilizado hasta la actualidad. Otro importante material de construcción introducido por los españoles fue el clavo, cual permitía hacer paredes de madera sin necesidad de amarrarlas con bejucos, que era la única forma conocida por los indígenas. Entre las nuevas técnicas adoptadas, están las de viviendas de paredes de tablas de palma, colocadas horizontalmente y cobijadas con hojas de cana, yarey o yagua.[53]

De las contribuciones foráneas realizadas por la llegada de habitantes de otros lugares del mundo, como los esclavos africanos, se encuentran las viviendas construidas con muros denominados Tejamanil. Estas casas, son las formadas por setos de estacas entrecruzadas entre horcones de madera, luego recubiertos con un embarrado o boñiga, o sea, tierra ligada con excremento de vaca, para darle mayor consistencia.

Aunque ese método constructivo en la República Dominicana se les atribuye a los africanos, es sabido que tanto los indígenas venezolanos como los mayas utilizaban el recubrimiento de paredes con barro, como puede observarse todavía en sus respectivas regiones. El bahareque (forma en que llaman a la técnica los indígenas venezolanos): "...era una técnica constructiva autóctona y no, como alguien insinúa, traída por los africanos".[54] "Los muros están hechos de cañas colocadas las unas muy cerca de las otras y luego recubiertas con tierra cuyo espesor es de cuatro a cinco dedos y así llegando hasta el techo. Esto proporciona un muro sólido y de aspecto agradable. Las casas están techadas de palma y paja muy bien colocada y de gran durabilidad. Las lluvias no entran en estas casas y el techo ofrece tanta protección como las tejas..."[52]

En las provincias mediterráneas de Murcia, Alicante y Valencia, en la península ibérica, podemos observar que en sus casas rurales también se utiliza este método constructivo, por lo que podemos estar ante una técnica conocida por todos los grupos actuantes (indígenas, españoles y africanos). La vivienda española con más semejanza son las llamadas Barracas, cuyo uso se remonta al período prehistórico español, utilizándose hasta nuestros tiempos. Estas barracas, de planta similar a



Figura 2.26: Barraca Valenciana, España.

nuestras viviendas rurales, tienen una estructura sencilla de palos de madera y sus paredes están formadas con un tejido de cañas, el cual se recubría o embarraba por ambos lados, exterior e interior, enlucíendolo luego con yeso. Las puertas y ventanas eran las únicas piezas de carpintería, tal como sucede con los diferentes tipos de vivienda vernáculas dominicanas.

2.3.5.2.1 Primeras Ciudades Españolas

Es interesante destacar la utilización del tejamanil por parte de los españoles en sus primeras construcciones en la Isabela, primera ciudad española, fundada entre 1493 y 1494. Esta fue la primera edificada con estas técnicas, siendo las casas, en los principios de la villa, de madera y paja; luego, en el mismo siglo XVI, en la primera mitad, cuando el florecimiento de la ciudad, algunas se levantaron de cal y canto, sillería y tapiería, con techumbre de tejas. Fueron fabricadas a la usanza española según descripción de la época: “no muy altas sobre el suelo o de dos pisos solamente, pero muy sólidas, las habitaciones grandes y buenas, con grandes puertas en lugar de ventanas para que entrara el aire finalmente, con su brisa perenne”. Hablaban los españoles de la construcción de las casas así: se hincan los postes o estacas que fueren necesarios para el tamaño de la casa; sobre ellos construían un piso bajo de cierta altura; en la cabeza de los postes un techo, cubierto de paja o tejas. Si elevaban la base a la altura de un hombre, usaban el piso térreo

2.3 República Dominicana

inferior para depósito, cercándolo con un trenzado de varas revocadas, enlucidas y cuidadosamente blanqueadas por dentro y por fuera”. [55]

La construcción en piedra labrada, por mano de los españoles, cobró auge al encontrar en esos asentamientos los materiales adecuados para la explotación y posterior ejecución de las fortalezas y viviendas. Citando una descripción de Fray Bartolomé de las Casas, autor y relator de la historia de la colonización, acerca de esta recién construida ciudad (La Isabela): “Había allí muy buena piedra de cantería, y para hacer cal, y tierra buena para ladrillo y teja, y todos buenos materiales, y es tierra fertilísima y graciosísima y bienaventurada”.

Las técnicas constructivas planteadas por los españoles, permitían que estas viviendas tuvieran mayor durabilidad y resistencia ante las inclemencias del clima y el tiempo. Por ejemplo, se nota todavía que la mampostería utilizada en la morada del Primer Almirante Cristobal Colon, fue de vital importancia, ya que a pesar de los factores negativos que han atentado contra su sobrevivencia, firmes permanecen sus cimientos.

Santo Domingo, fundada por Bartolomé Colón en 1496, en la margen oriental del río Ozama y luego trasladada por Nicolás de Ovando en 1502 a la margen occidental del mismo río, ahora capital de la isla y a su vez lo era de la región y el mundo nuevo, fomentaba la creación de murallas y edificaciones forjadas a base de estructuras de piedra labradas y mampuestos de materiales de la zona.

Estudiando estas primeras casas, edificadas en la capital del país, es notorio la existencia de patios y huertos, siendo éstos parte integral de la vivienda e instrumento indispensable a los efectos del clima tropical. Las altas temperaturas del verano provocaron la ampliación de las ventanas, utilizándose rejas de seguridad desde la segunda década, tanto en viviendas principales e incluso en viviendas populares. Otra característica importante es el hecho de que las puertas exteriores e inferiores de la primera planta están organizadas en un mismo eje, permitiendo mejor circulación por las mismas. También, acomodándose a las condiciones del clima, estas viviendas poseían amplias puertas en la primera planta, reteniendo así en los demás niveles el ambiente de intimidad interior.

Era de esperarse que los efectos del clima tropical, particularmente los huracanes que tradicionalmente afectan la región del Caribe, en los meses de agosto y septiembre, obligaran a la modificación de las cubiertas o tejados, originalmente



Figura 2.27: Fortalezas y Casa Coloniales

con fuertes pendientes, las cuales eran arrasadas por los ciclones que regularmente eran colocadas con la tecnología tradicional de la península Ibérica (del borde del techo hacia arriba, una sobre otra...).

2.3.5.3 Nueva Identidad

En una nación, ahora con aires de independencia, donde imperaba la agricultura y la ganadería, la construcción toma un ambiente rustico y autóctono, donde siempre se consideraron los materiales locales. Por ejemplo, en la ganadería, dentro del hato¹ ganadero habían varias construcciones rústicas: Primero, la casa del amo, de madera de palma con techos de yagua, con una cocina del mismo tipo, pero separada de la casa y algo alejado una letrina. Segundo, bien cerca una pocilga, un gallinero y un corral donde se amarran los caballos, mulos y burros. Una que otra enramada de cana en los alrededores para guardar los aperos de labranza, picos, hachas, palas, azadas, coas, machetes, etc.[56]

¹Conjunto de cabezas de ganado, como bueyes, vacas, ovejas, etc.

2.3 República Dominicana

De igual forma, con el auge de la nueva república, se provoca un dinamismo en la economía imperante, industrializando el entorno y las edificaciones por igual. Se empiezan a construir casas, con utilización plena de la madera con tejados de planchas metálicas. En las ciudades de Puerto Plata y Montecristi se adopta esta modalidad para las viviendas. Poco después irrumpe la tecnología del hormigón armado, introducido en el país en 1907, un nuevo material utilizado en Europa desde finales del siglo XIX, que comienza a emplearse principalmente en San Pedro de Macorís, donde se construyeron almacenes, residencias, edificios institucionales y la iglesia. También se introduce en Santo Domingo y la Romana. Este material de construcción coexiste durante varias décadas con la “mampostería fuerte”, para cuya fábrica se utilizaba el ladrillo o la piedra. Son notables los edificios comerciales fabricados con este material y esta técnica, en todos los pueblos. En las provincias de La Vega y Santiago impera el ladrillo. En cambio, en La Romana reina la mampostería en piedra.



Figura 2.28: Diversos tipos de viviendas locales

En las primeras décadas del siglo XX, con esta creciente estabilidad económica y política, producto de los acuerdos negociados con los Estados Unidos permite,

que para el año 1918, se lanzara un ambicioso programa de obras públicas: carreteras; sistema postal; hospitales y escuelas. Más de trescientos locales escolares se construyeron en toda la República. Se incorporan las casas con galerías perimetrales sobre elevadas sobre el terreno natural (creando sótanos) y con techos altos de fuerte pendiente (creando buhardillas). Se utilizaban vigas de madera sobre las cuales se apoyaban planchas acanaladas de zinc industrial o láminas y tejas importadas. Estas estructuras tropicalizadas, de materiales heterogéneos, definían grandes espacios que permitían crear los salones de la arquitectura residencial en boga. El plafond de madera o de metal aislaba los vapores calientes, los cuales encontraban escape del desván a través de ventiladores o respiraderos colocados estratégicamente. El hormigón armado se hace presente en columnas de estilo sobre basas esbeltas. Los capiteles servían para transmitir las cargas de arcos y dinteles.

2.3.5.4 La Era de Trujillo

La década del 30 es fundamental en el desarrollo de la construcción dominicana, ya que el 3 de septiembre de 1930, a menos de un mes de haber asumido el poder el dictador Trujillo Molina, se produce uno de los huracanes más devastadores que haya conocido la historia dominicana, el ciclón de San Zenón.



Figura 2.29: Santo Domingo luego del Ciclón San Zenón

Los cuantiosos daños a las propiedades y la pérdida de vidas humanas, generan

2.3 República Dominicana

un cambio de actitud frente al uso de los materiales tradicionales y promueven la adopción del bloque de hormigón, originalmente almohadillado o tipo “berruga”, en vez del entonces típico paramento de madera como unidad primordial en la construcción dominicana, vigente hasta nuestros días.



Figura 2.30: Viviendas contruidas en la Era de Trujillo

Las posteriores viviendas construidas, las cuales eran todas iguales, consisten en una galería al frente; cuatro “cuartos” (sala, comedor y dos aposentos) y un “martillo” que comprendía otro aposento, un cuarto de baño y la cocina. En la parte posterior otra galería enlazaba todas estas habitaciones. Había un aljibe (no había acueducto) y sobre el techo (que era de zinc) habían tanques de metal o tanques de concreto sobre la cocina y el cuarto de baño para suplir agua a estas dependencias. El agua llegaba allí bien fuera por lluvia o haciéndola subir de los aljibes mediante bombas de mano. En el patio posterior había una gran habitación (cochera o garage), cuartos para el servicio y una letrina. El inodoro del cuarto de baño también descargaba en una letrina, pues no había cloaca. Las casas eran construidas bien levantadas del suelo, lo que formaba una especie de sótanos.[57]



Figura 2.31: Importantes oficinas gubernamentales

Para la celebración del 1er. Centenario de la fundación de la República Dominicana, el presidente Trujillo y sus intelectuales desarrollan un memorable plan de edificaciones públicas y de eventos, nunca antes vistos en el país. Se dicta la Ley 675, del 31 de agosto de 1944, publicada en la Gaceta Oficial N.6138, que incorpora un “Plan General de Urbanización y Embellecimiento de las Ciudades de la República”, vigente por largos años.

Algunas de las obras construidas en la Era de Trujillo:

- El Banco de Reservas, 1954.
- El Pabellón de Salud Pública, construido a las afueras de la ciudad de Santo Domingo, para la feria de la Paz. 1955.
- El teatro de Agua y Luz, 1955. Significó una novedad el tener un magnífico espectáculo de luces y sonido, como el que se podía apreciar allí, donde varias fuentes extraordinariamente iluminadas se movían al ritmo de la música.
- El Banco Central de la República Dominicana, 1956.
- El Palacio de Bellas Artes, 1956. Este edificio define el gusto de Trujillo, siendo este un palacio ecléctico, pero con apariencia de templo griego. Esta coronado con una cúpula medianera, cuyo efecto es aniquilado por el entrepiso del segundo nivel.
- Secretaría de Educación, 1956.

2.3.5.5 La Política de “Varilla y Cemento”

Al término de la dictadura, el país se ven envuelto en un ambiente de política creándose conflictos que poco se enfocaron en la construcción. Joaquín Balaguer, quien asumió el poder en 1966, con un país en ruinas, concentró el gasto público en la política de construcción conocida popularmente como “varilla y cemento”. A partir del 1966, el estado fomentó el desarrollo de la infraestructura urbana del país mediante la construcción, avenidas y edificaciones sobre todo de viviendas subvencionadas para familias de escasos recursos.[58]

2.3 República Dominicana

En este tiempo se construyeron todas las grandes presas con que hoy cuenta el país, también se construyó el Estadio Olímpico y el Palacio de los Deportes, las avenidas: 27 de Febrero, Churchill, Los Próceres y la Luperón; los primeros grandes polos turísticos, las grandes circunvalaciones, el Parque Mirador Sur, la avenida España, los grandes acueductos, todo con la famosa política de “varilla y cemento”.



Figura 2.32: Bloques de viviendas construidas por el Gobierno de Balaguer

Balaguer inició una contabilidad cada vez más rica de edificios de apartamentos y locales comerciales, en torres cada vez más audaces, en bloques compactos o en la consabida tipología de bloques en “L” o en “U” de 4 niveles, dependientes de las dimensiones del lote y de la normativa instaurada por las autoridades municipales y

fiscalizadoras. A partir de mediados de los años 70, surgen estas modalidades habitacionales multifamiliares, como fueron los edificios de apartamentos del entorno del Hotel El Embajador, en 1976. De igual manera, empiezan a surgir los primeros edificios multiusos para plazas comerciales, como Galerías Comerciales en 1976 y Plaza Naco en 1973.

Entre 1978 y 1986 se produjo una disminución en la actividad del sector construcción, pues el nuevo Gobierno, del Partido Revolucionario Dominicano, adoptó una política pública enfocada principalmente en la actividad agropecuaria.

2.3.5.6 Construcción Contemporánea

En 1986, el doctor Balaguer retornó al poder y retomó la construcción como prioridad, con énfasis en Santo Domingo. En los años 80, la ciudad capital tuvo un vertiginoso crecimiento horizontal, provocando una difícil dotación de los servicios básicos y de infraestructuras viales. En el periodo 1986-1991, creció a razón de 20 kilómetros cuadrados, con la urbanización de comunidades que para el censo de 1981 eran rurales.

A mediados de los 80, comenzaron a tomar fuerza nuevos estilos arquitectónicos. Asomaron las fachadas en aluminio y vidrio y las tendencias hacia el estilo internacional moderno percibido en el mundo desarrollado. El clima, los filtros, los materiales tradicionales, los espacios en los esquemas populares, entre otros, fueron temas cada vez más preponderantes en los planteamientos para la construcción contemporánea, un fenómeno gradual, que con mayor incidencia, tuvo su apogeo a finales de la década de 1980.

En 1990, el Gobierno se vio precisado a disminuir en un 50 % su programa de construcción debido a una crisis económica originada en el incremento de los precios del petróleo a causa de la Guerra del Golfo.

Los preparativos para la conmemoración del Quinto Centenario del Descubrimiento y Evangelización de América, en 1992, crearon toda una atmósfera de re-evaluación de la cultura dominicana y su papel dentro del escenario internacional. El proyecto más importante para dicha conmemoración fue el faro a Colón, el cual es un monumento y museo construido en honor a Cristóbal Colón. En él, se dice, que se albergan los restos del insigne almirante, aunque hay polémica al respecto, puesto que realmente se encuentran en la Catedral de Sevilla.

2.3 República Dominicana



Figura 2.33: Faro a Colón

Si algo caracterizó el decenio de los noventa fue la velocidad con que se produjeron cambios en la arquitectura y construcción local. En poco tiempo, los ejemplos de obras se sustituían por propuestas diferentes, donde la trascendencia se resumía en la conformación de una imagen de lo actual.



Figura 2.34: Edificios de Apartamentos.

Con lo rápido que han ido cambiando y transformándose las principales ciudades y provincias del país, las características formales de sus entornos se han visto afectadas, con una velocidad vertiginosa de cambio que han producido un crecimiento dominado por la falta de planificación y proyección de su entorno ambiental y de tenerla han sido altamente vulneradas o omitidas por los involucrados en su aplicación. La improvisación y el dominio de los intereses particulares han prevalecido sobre los intereses de la comunidad y las ciudades han cambiado en manos de promotores privados, impulsores de las pautas a seguir. Muchos de los sectores urbanos que contenían una definición o vocación hacia un perfil determinado, han sido sometidos a modificaciones de la unidad ambiental y formal que les caracterizaba.

La construcción en República Dominicana, siempre ha estado fuertemente ligada a la política estatal. De manos de los diferentes presidentes que han ido desfilando por el poder gubernamental, es que han surgido las obras de interés o no, que se han ejecutado en el país, dejando evidencia de sus caprichos y su visión a futuro.

Uno de los mas recientes presidentes, promotor del desarrollo de la construcción en el país, es Leonel Fernández, el cual estuvo a cargo del estado por 12 años (1996-2000 y 2004-2012). Para él, la construcción de grandes obras de infraestructura vial como túneles, pasos a desnivel y el metro de Santo Domingo, preponderaron vital importancia en sus mandatos. También, mantuvo la ejecución de edificaciones (subvencionadas para la población de escasos recursos), la construcción de escuelas, hospitales y acueductos, para el desarrollo del país.

En el sector privado de la construcción, en estos años el enfoque ha sido la ejecución de obras de gran magnitud, como complejas torres residenciales, hoteles turísticos y plazas comerciales, creando un dinamismo y competición en cuanto a las alturas y al diseño.



Figura 2.35: Vista de la Actual de la Ciudad.

2.3 República Dominicana

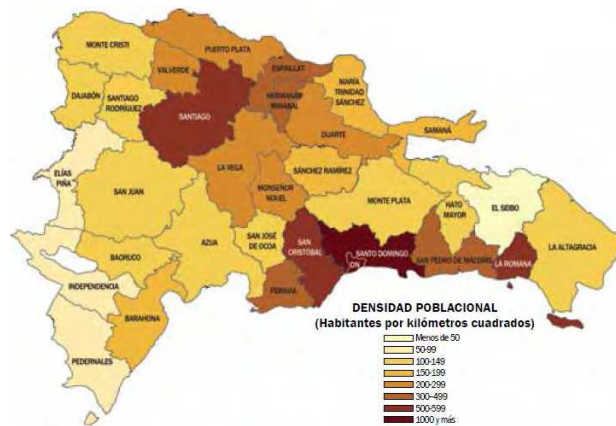
2.3.6 Población y Vivienda

Hemos de saber que una vivienda, es más que una construcción arquitectónica, es el lugar cimentado para formar una familia y darles un espacio seguro en que puedan descansar y convivir en armonía.

Con el transcurrir de los años, las comunidades rurales de nuestro país han ido creciendo, permitiendo de esta forma poblar la nación, de esta misma manera la infraestructura de las viviendas tradicionales evolucionaban, reorganizando así las ciudades.

2.3.6.1 Volumen Poblacional

A raíz de este crecimiento poblacional, los habitantes del país se dividen en dos zonas: la urbana y la rural. Las zonas consideradas urbanas son aquellas áreas geográficas ocupadas por densos asentamientos humanos (ciudades), con una infraestructura y una red vial desarrollada, generalmente asociada a una zona industrial o a áreas que ofrecen servicios a la sociedad. Y las zonas de asentamiento rural, son las áreas geográficas habitadas por poblaciones de personas de baja densidad, generalmente dispersas en pueblos o casas, que se dedican principalmente a la producción agropecuaria y a actividades relacionadas con ella.



(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.

Figura 2.36: Densidad Poblacional por Km^2 según provincia.

CAP. 2. ESTADO DEL ARTE

El incremento de la densidad poblacional por capital provincial, es evidencia de un decrecimiento en la mayoría de los pueblos, lo que implica una mayor presión horizontal del crecimiento urbano sobre las áreas rurales aledañas a la ciudad. La dinámica demográfica indica que la población dominicana ha incrementado con tasas variables entre los períodos intercensales. Por ejemplo: desde 1920 hasta 1935 el ritmo de crecimiento medio anual alcanzaba la cifra de 3.56 %, sin embargo, durante los 15 años que separaron a los censos de población de 1935 y 1950, la población nacional disminuyó su tasa de crecimiento a 2.44 %. Y en el censo del 2010, la tasa se registraba con un 1.21 % de crecimiento anual. (Ver Cuadro:2.1)[59]

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.

Año del censo	Población	Tasa de Crecimiento media anual 1920-2010 (%)
1920	894,665	
1935	1,479,417	3.56
1950	2,135,872	2.44
1960	3,047,070	3.61
1970	4,009,458	2.98
1981	5,545,741	2.76
1993	7,293,390	2.35
2002	8,562,541	1.79
2010	9,445,281	1.21

Cuadro 2.1: Población censada y tasa de crecimiento media anual, según año del censo (1920-2010).

La composición de la población dominicana por zona es de 7,023,949 habitantes en la zona urbana y 2,421,332 habitantes en la zona rural, para un total de 9,445,281 habitantes, según el IX Censo de Población y Vivienda 2010, el más reciente a la fecha. Es apreciable que hay una fuerte disparidad en los patrones de crecimiento de las zonas urbana y rural. Mientras la población urbana crece a un ritmo de 3.1 % anual, la rural decrece en la misma medida. El crecimiento urbano en el país, llegó al 29 %, en tanto que el decrecimiento rural fue de 22 %.

En la actualidad, aproximadamente el 74 % de la población de la República Dominicana vive en zonas urbanas. Los asentamientos predominan en las llanuras

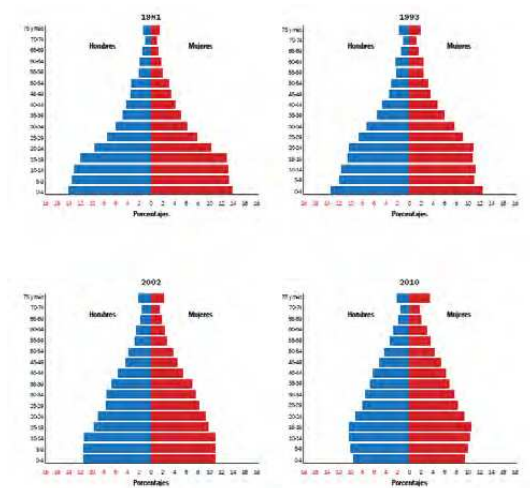
2.3 República Dominicana

costeras del sur y el valle del Cibao, siendo las zonas más pobladas del país, en donde se ubican las principales ciudades por población: Santo Domingo, Santiago de los Caballeros, San Felipe de Puerto Plata y La Romana. Según las Naciones Unidas, la tasa de crecimiento de la población urbana para el período 2005-2010 fue de 2,44 %.[60]

2.3.6.1.1 Estructura de la población: Por Sexo y Edad

La composición de la población dominicana presenta una estructura cada vez mas envejecida, superada en cada uno de los censos nacionales. Por ende presenta una inclinación hacia una proporción cada vez menor de niños y adolescentes; y a una participación porcentual cada vez mayor de los grupos en edades más avanzadas. De acuerdo a los resultados del IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, los menores de 5 años constituían una proporción inferior al 10 %, mientras que el grupo de menores de 15 años concentraba alrededor de 30 % de la población. En contraste, la población de 65 años y más superaba el 6 % y el grupo de 75 y más concentraba una proporción cercana al 3 %.[61]

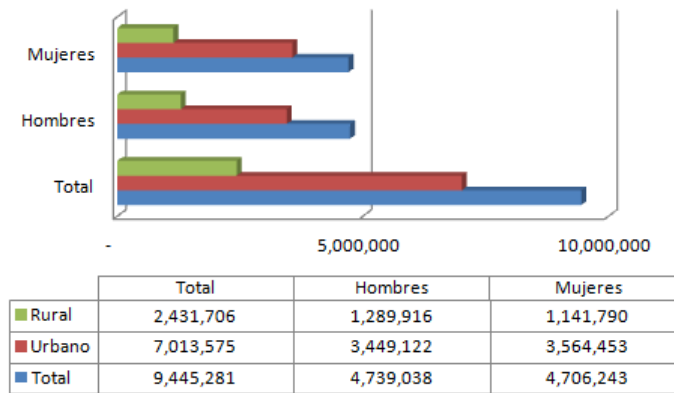
(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



Cuadro 2.2: Composición de la población por sexo, según grupos de edades

En la República Dominicana, la población siempre ha mostrado un nivel de equilibrio en cuanto al porcentaje de hombres y mujeres. En todos los anteriores censos nacionales las cifras recalcan esta tendencia, la cual se mantiene en el 2010. Según las estadísticas recolectadas, la composición de la población por sexo mantiene ese equilibrio, el 50.2 % estaba constituida por hombres, mientras que las mujeres representaban el 49.8 % restante.

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



Cuadro 2.3: Población nacional según zona y sexo

2.3.6.2 Tipología Edificatoria

El nivel de urbanización, va estrictamente relacionado con la dinámica demográfica, ya que en ella se relacionan la población urbana contra la rural, mostrando como en nuestro país, con el paso de los años, se están cambiando los suelos de vocación agrícola y pecuaria por zonas de viviendas.

En República Dominicana, desde el punto de vista social, las viviendas se pueden clasificar según su concepción, la calidad y buen uso. Estas se organizan en cuatro grandes grupos, los cuales están bien definidos y ubicados:

- (a) La vivienda marginal
- (b) La vivienda interés social
- (c) La vivienda de clase media
- (d) La vivienda de clase superior

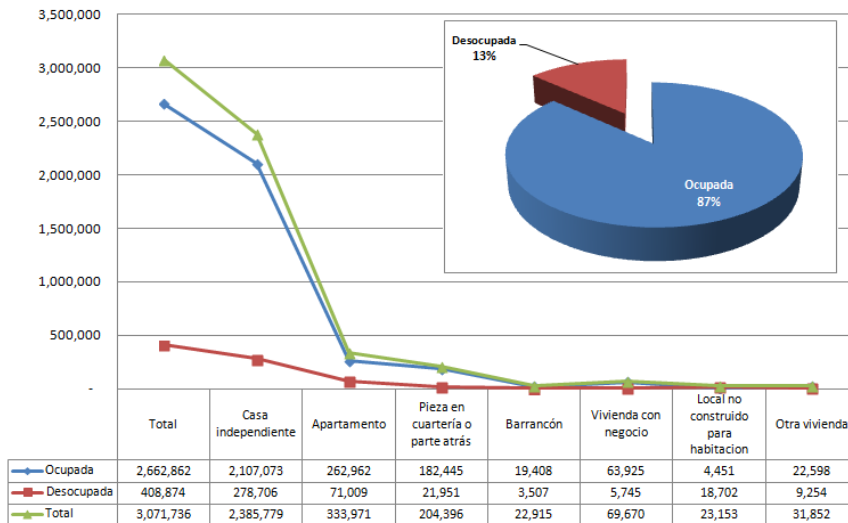
Es importante destacar y aclarar, cuales son las características de las viviendas marginales y las de interés social, ya que las de clase media y superior son bastantes

2.3 República Dominicana

claras de reconocer. Las viviendas marginales, son aquellos cuartuchos pequeños y sin los elementos indispensables para el desarrollo de la vida, encontrados en los barrios circundantes de las principales ciudades del país, esparcidas por todo el territorio nacional, mayormente ocupadas por campesinos sin recursos. A su vez, las viviendas de intereses sociales son urbanizaciones planificadas, construidas con fondos del estado, donde pueden contar con los servicios básicos, es decir: agua potable, energía eléctrica y recolección de desechos[62].

En países como el nuestro, el tratar sobre viviendas, es más bien definir el déficit habitacional que existe en él, considerando también las viviendas que están desocupadas o en fase de construcción. El déficit habitacional del país ronda en el millón 100,000 viviendas, incrementándose cada año en poco más de 20,000 unidades, situación que es atribuida a la ausencia de una efectiva política de construcción oficial. Eso significa que alrededor de 11 de cada 100 dominicanos carecen de una vivienda propia.

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



Cuadro 2.4: Total de Viviendas por Ocupación.

De acuerdo a datos del IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE), en el país hay 3,071,736 viviendas, divi-

didadas en un 87 % de viviendas ocupadas y con un 13 % desocupadas. El 74.03 % de las viviendas están en zonas urbanas y 25.97 % en las zonas rurales del país. Y de la totalidad general, el 77.53 % son casas individuales y el 10.85 % son apartamentos. Mientras que el 6.64 % son piezas en cuarterías o parte atrás, y el 0.74 % familias viven en barracones y el 2.26 % son familias tienen que vivir junto a sus negocios. Ver Cuadro:2.4.

2.3.6.2.1 Viviendas Rurales

En las zonas rurales de la República Dominicana, se siguen conservando muchas de las tipologías de las viviendas creadas por los primeros pobladores de nuestra isla. Muchas de sus casas, poseen características similares a los Bohíos de los Taínos, las cuales se van mejorando al adoptar materiales industrializados acorde con las necesidades imperantes en la actualidad.

La pobreza es un elemento que afecta grandemente a la vivienda rural, siendo un factor que tiene una amplia influencia negativa en la industria de la construcción dominicana. En cada una de las provincias del país, hay gran parte de la población que se encuentra bajo esta dificultad, teniendo que emplear en sus casas los materiales no adecuados disponibles en su entorno, con métodos constructivos rústicos y no calificados.



(a) Fuente: Arquitectura Vernácula Popular, Esteban Prieto V.

Figura 2.37: Diversidad de Casa Rurales

2.3 República Dominicana

Con la introducción de las laminas de Zinc, desde mediados del siglo XIX y a lo largo del XX, la construcción tradicional utiliza cada vez mas dicho material como cobijo para las viviendas rurales como urbanas, tanto por su comodidad de uso, como por su facilidad de obtención.

Las viviendas rurales tienen como material de construcción principal la madera, ya sean varas, tablas de palma, tablas rústicas o madera industrializada, con cubiertas de pencas y vainas de palmeras, pachulí, tablitas de madera, láminas acanaladas de zinc para la cubierta y siempre de una sola planta o nivel.



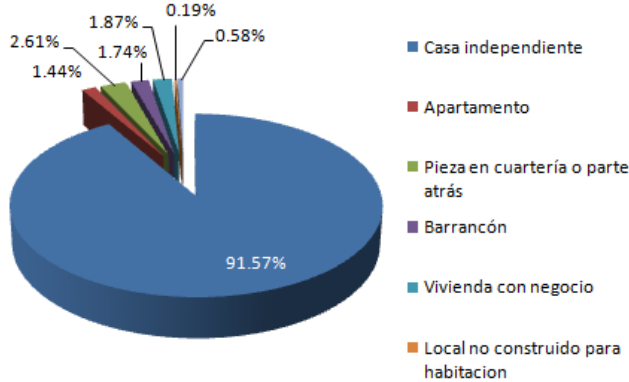
(a) Fuente: Arquitectura Vernácula Popular, Esteban Prieto

Figura 2.38: Vista exterior, interior y planta de una casa típica del Valle de Baní, con tablas de palma y techo de caña.

Las edificaciones más utilizadas se caracterizan por ser de madera industrializada, ventanas de madera con celosías, pavimentos de cemento pulido normalmente con color y las cubiertas de láminas de zinc. En ocasiones tienen un muro perimetral de bloques de hormigón hasta altura de ventanas, a lo que llaman en algunas regiones “altura salomónica”. Sobre éste, se desarrolla la estructura de madera industrializada, cubierta en su cara exterior por tablas solapadas y colocadas horizontalmente. Estas tablas reciben en el país el apodo de clavot, derivado del original anglicismo clap board.[51]

Gracias a las nuevas dimensiones de la madera industrializada, las viviendas son más espaciosas y sofisticadas. Constan de sala, comedor, dos o tres dormitorios

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



Cuadro 2.5: Porcentaje de viviendas en las zona rural.

y galería. Normalmente tienen la cocina y un baño integrados a la casa, aunque en ocasiones mantienen su letrina y cocina en el exterior. Aparecen elementos decorativos como tragaluces de madera sobre puertas y ventanas, así como cresterías caladas en los aleros, producto de la influencia del gusto victoriano. El color sigue siendo un elemento importante tomando aún más fuerza que en los modelos vernáculos, debido ante todo a la utilización de toda la gama de pintura industrializada, teniendo predilección por colores vivos como amarillo, rojo, rosado, verde, turquesa y azul, con los detalles decorativos muchas veces en blanco o una combinación de los colores mencionados.

2.3.6.2.2 Viviendas Urbanas

En la zona urbana, las viviendas van desde una simple construcción con paredes de madera y techo de lamina de zinc en los sectores más marginados de la ciudad, hasta una inmensa edificación de hormigón armado, maderas preciosas y/o acero del tipo palacio de gran lujo en las grandes y prestigiosas urbanizaciones de la metrópoli.

La inmensa mayoría de las viviendas son del tipo unifamiliar, es decir, casas independientes para una sola familia, elaboradas generalmente de una o dos plantas, sin tener ninguna casa adosada o apareada a la misma, son habituales las que

2.3 República Dominicana

poseen espacio natural, llamado patio o zona verde. Con el crecimiento urbanístico de todos los sectores, las edificaciones en altura o multifamiliares, han tomado mucho auge en los últimos años, dotando a la ciudad de torres exclusivas para la clase alta y de condominios de apartamentos para la clase media.



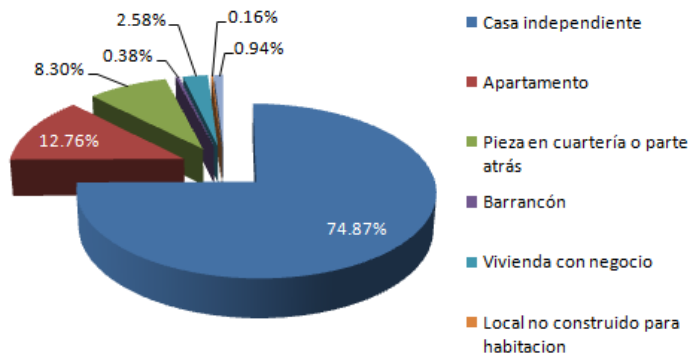
Figura 2.39: Diversidad de Viviendas Urbanas

Toda la vivienda se rige acorde con la disponibilidad económica de sus usuarios, dependiendo también de sus gustos. Desde sus variados diseños, con fachadas simples hasta algunos con fachadas modernas y vanguardistas, lo que permite que sus futuros propietarios puedan optar por la residencia adaptada a sus gustos, necesidades y hasta su personalidad. A la vez, el usuario puede requerir modificaciones en el diseño para personalizar su vivienda, agregándole equipos profesionales y modernos a su gusto, que permitan incrementar en gran manera el nivel de confort.

En la ciudad, se pueden encontrar diversas formas de viviendas, las cuales van desde los del tipo complejo de apartamentos, que procuran cubrir los espacios e instalaciones básicas para los integrantes de la familia a alojar. Encontramos también, la vivienda unifamiliar pareada donde se elaboran dos viviendas unifamiliares que entran en contacto en su exterior, y su parte interna es muy diferente una a la otra, donde se puede notar que éstas individualmente poseen su propio acceso desde la vía pública. Así mismo, cabe destacar la vivienda unifamiliar aislada o exenta que corresponde a la edificación que suele ser habitada por una sola familia y que

nunca entra en contacto físico con otras edificaciones, donde le circunda un gran patio que le da cierta privacidad e independencia a todo el inmueble. De este tipo de viviendas se pueden encontrar viviendas que poseen uno, dos o varios jardines o patios por todos sus lados que están bien alineados a la vía pública. Por último, y no menos importante, se encuentra la vivienda unifamiliar adosada que lleva cierta familiaridad a la vivienda pareada, la diferencia estriba en que esta se encuentra en contacto con otras dos viviendas localizadas en cada uno de sus extremos. Por lo general son elaboradas de una sola planta la cual es alargada y estrecha, donde las ventanas son ubicadas directamente en los extremos de la vivienda.

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



Cuadro 2.6: Porcentaje de viviendas en las zona urbana.

La tipología de la vivienda se ve influenciada por los gustos del cliente, así como la distribución de sus espacios ajustados a sus necesidades. Esto va a determinar la cantidad de habitaciones, baños, etc. La vivienda de igual manera consta de una serie de instalaciones las cuales hacen la vida de sus habitantes más amena y confortable.

Los materiales para construir las viviendas urbanas no son muy variados, los de mayor preferencia son: el bloque de hormigón y la madera para sus paredes, cemento pulido o mosaico para el piso y láminas corrugadas de zinc o losas de hormigón armado para las cubiertas.

2.3 República Dominicana

2.3.6.2.3 Evolución de los Materiales de Construcción

De forma muy general, los materiales que componen una edificación se pueden dividir en tres grupos, definidos por las partes principales que la componen, como son sus paredes exteriores o fachada, su techo o cubierta y el piso. Estos materiales han evolucionado con el paso de la historia de la construcción, aun en la actualidad, es evidente el aumento del uso de los materiales cada vez mas industrializados afectando así al medio ambiente, dejando atrás lo tradicional. Esto viene a destacar que las personas buscan mejorar las condiciones de la vivienda, pero dejan de lado su relación con el entorno y la conservación del mismo.

En general, en los datos recabados, se aprecia un desplazamiento de los materiales considerados inseguros o de calidad cuestionable en cuanto se refiere a la construcción de viviendas en países con alto riesgo de sufrir fenómenos meteorológicos adversos como República Dominicana. Materiales como la palma, la yagua, el piso de tierra y el asbesto cemento, han registrado importantes disminuciones en el período de estudio. Esto podría representar una evolución positiva en términos sanitarios, de higiene y seguridad de las personas que habitan esas viviendas; por consiguiente, constituye un punto a favor de su desarrollo.[63]

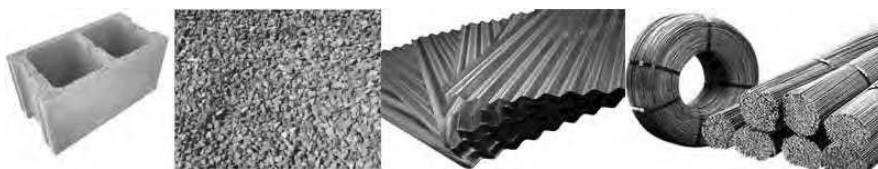
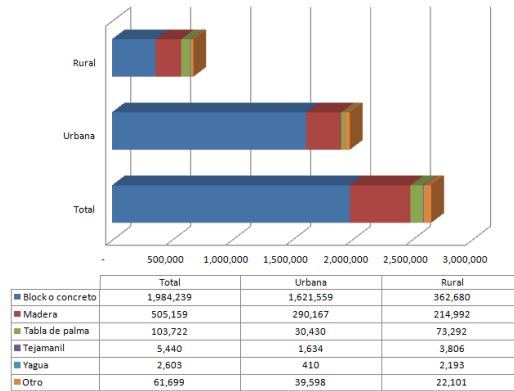


Figura 2.40: Materiales de Construcción.

Paredes Exteriores o fachada Los materiales de construcción utilizados mas comúnmente en las paredes exteriores o de fachada de las viviendas en República Dominicana son: el bloque de hormigón, la madera, la tabla de palma, el tejamanil¹, la yagua y algunos más empleados de forma improvisada.

¹Muros o setos de estacas entrecruzadas entre horcones de madera, luego recubiertos con un embarrado de tierra, yeso o barro, para darle mayor resistencia.

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



Cuadro 2.7: Materiales en utilizados en Paredes exteriores.

Analizando la evolución de estos, en cuanto a su utilización en las viviendas, por medio de las estadísticas censales, es destacable que el uso del bloque de hormigón tiene un aumento significativo a nivel nacional. En el censo de 1981, éste constituyó el material predominante en el 31.2 % de las viviendas particulares; en el año 2002 su uso se duplicó, pasando del segundo al primer lugar (66.4 %) y en el 2010 incrementa nuevamente alcanzando un 74.52 % como de uso material en las viviendas. Otros materiales tuvieron un comportamiento contrario, como es el caso de la tabla de palma, que pasó de una frecuencia de uso de 6.4 % en 2002 a un 3.9 % en 2010. Por otra parte, la madera sufrió también un importante descenso hasta 18.97 % (2010) después de haber estado en 24.5 % (2002).

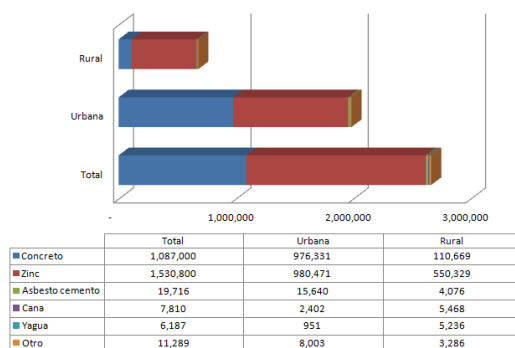
En las zonas urbanas, es notable que el bloque o concreto se ha impuesto ante los demás materiales para paredes exteriores, siendo usado en el 81.74 % de las viviendas, quedando la madera industrializada en un 14.63 %. Sin embargo, aun en las zonas rurales la madera posee un importante reconocimiento como material con un 31.66 %, aunque se encuentra en el segundo lugar de preferencia, pero no con un porcentaje tan alejado al de los bloques 53.41 % como se ve en las zonas urbanas.

2.3 República Dominicana

Techos o Cubiertas En cuanto a materiales para los techos o cubiertas, en las viviendas del país, es notable la utilización para estos fines de: el hormigón, la lamina de zinc, el asbesto-cemento, la cana y yagua de palma.

La lamina ondulada de zinc es el material más utilizado, a nivel nacional, aunque comparativamente con otros años ha sido bastante desplazado por el uso del hormigón en las cubiertas de las viviendas. El incremento experimentado por el hormigón es de aproximadamente un 10 % desde el censo del año 2002, al escalar desde 31.2 % en el 2002 hasta 40.82 % en el censo del año 2010. Se disminuyó, además, en gran proporción el uso de materiales considerados inseguros o de calidad cuestionable en cuanto se refiere a fortaleza estructural de las viviendas. La cana, la yagua y el asbesto cemento sufrieron un gran desplazamiento, alcanzando niveles ínfimos que no llegan a representar siquiera el 1 %.

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



Cuadro 2.8: Materiales en utilizados en Techos.

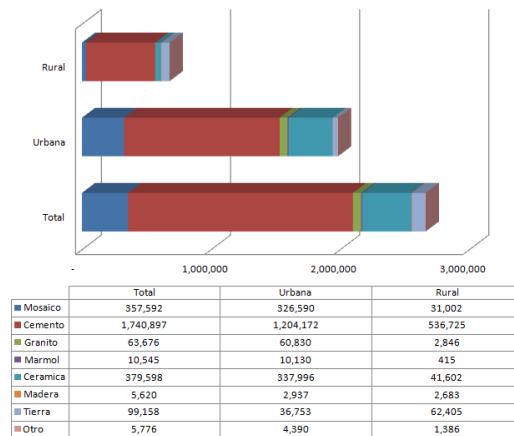
El uso del zinc y el concreto es relativamente equilibrado en la zona urbana (49.42 % y 49.22 % respectivamente), aunque se nota el descenso significativo del uso del zinc en la zona urbana perdiendo terreno ante el concreto, situándose en un 49.42 % mostrando en 2002 ser el 57.3 %. Sin embargo, la lamina del zinc sigue presentado un aumento importante en la zona rural, llegando a 81.04 % en 2010 frente a un 80.2 % en 2002. No menos importante ha sido el aumento en ambas zonas en el uso del concreto. En la zona urbana, el concreto aumentó de 40.7 %

(2002) a 49.22 % (2002). De la misma manera, el concreto aumentó en la zona rural, de un 14.6 % en 2002 a 16.3 % en 2010.

Pisos En cuanto a los materiales utilizados en la elaboración de los pisos de las viviendas, las opciones utilizadas a nivel nacional son: el mosaico¹, el cemento pulido, el granito, el mármol, la cerámica, la madera y la tierra apisonada.

Las estadísticas recopiladas en los últimos censos de población y vivienda, han mostrado que los pisos de tierra experimentaron un descenso significativo, bajando de 6.7 % (2002) a sólo 3.72 % (2010). No siendo esta evolución de los pisos de tierra, de igual forma tanto para la zona urbana y como para la rural. Por otra parte, el cemento sigue siendo el material más utilizado en pisos.

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



Cuadro 2.9: Materiales en utilizados en Techos.

El cemento pulido aumentó en la zona rural, pasando de 76.3 % en 2002 a 79.04 % en 2010, mientras que en la zona urbana desciende de 66 % en 2002 a 60.70 % en 2010. No obstante, este descenso se ve equilibrado por el aumento significativo del uso de materiales considerados superiores al cemento, como el

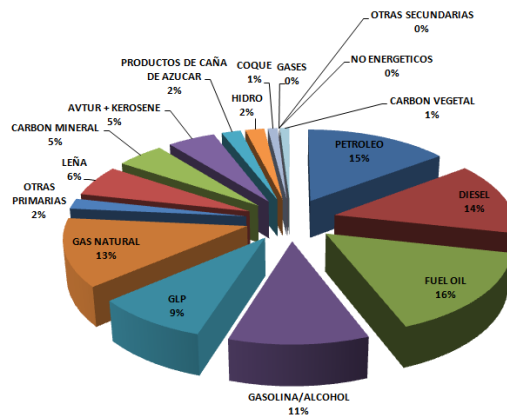
¹Técnica artística de decoración que se forma pegando sobre un fondo de cemento pequeñas piezas de piedra, vidrio o cerámica de diversos colores para formar dibujos.

2.3 República Dominicana

mosaico, el granito, el mármol y la cerámica, los cuales aumentaron, en conjunto a 30.47 % en 2010, no siendo importante el cambio en la zona rural.

2.3.6.2.4 Análisis Energético de las Viviendas

Después de Cuba y Puerto Rico, la República Dominicana es el tercer consumidor de energía más grande del Caribe. El principal consumo de energía del país, en 2008, fue la generación eléctrica, la cual alcanzó el 60 % del total. El consumo final de electricidad nacional ese año fue de 13,113 gigawatt-hora (GWh), de los cuales 5,342 GWh fueron usados por la industria, 4,327 GWh por el sector residencial, 2,005 GWh por el comercio y los servicios públicos y 1,439 GWh por la agricultura y la actividad forestal. Su matriz energética está basada fundamentalmente en los combustibles derivados del petróleo, con plantas térmicas que totalizan un 82 % de la generación, mientras que el restante 18 % proviene de centrales hidroeléctricas.[64]



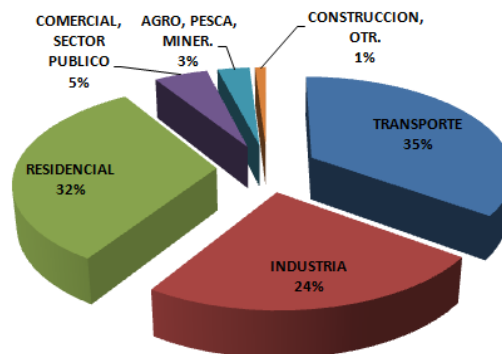
(a) Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE.

Figura 2.41: Oferta Total de Recursos Energéticos, 2010.

En 2010, 15 compañías de energía estaban funcionando en la República Dominicana con un total de 55 plantas de energía produciendo 12.272 GWh de electricidad, un aumento de producción anual promedio del 2.8 % desde el año 2000. Además, una variedad de industrias y muchos entes privados generan su propia

electricidad de manera independiente. A pesar de la creciente capacidad y producción de energía del país, los cortes de suministro eléctricos ocurren frecuentemente. En 2010, no se cumplió con la demanda eléctrica adicional de 1,954 GWh y el déficit alcanzó tanto como el 18.4 % de las necesidades totales en noviembre de 2010.[64]

Según la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y la Estrategia de Eficiencia Energética para la República Dominicana de Noviembre 2004, se registra que en el sector residencial dominicano, el consumo de energía eléctrica de los hogares dominicanos está cerca de los 9 Mbep por año. Más del 20 % de esta cantidad es consumida por hogares urbanos en forma de electricidad (3,652 GWh).



(a) Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE.

Figura 2.42: Consumo Energético Sectorial, 2010.

Dividiremos el análisis energético de las viviendas, como antes lo hicimos, según el sector residencial: urbano y rural; y a su vez, cada uno lo agruparemos según los ingresos y clase social de sus ocupantes.

El consumo de útil de los hogares, van a ser consecuentes con la mejora de la calidad de vida de la población, impulsada por un mayor crecimiento de los ingresos de las familias. Los mayores consumos de energía están concentrados en la ventilación y acondicionamiento del ambiente (en los hogares de altos ingresos 46.9 %), y en la cocción de los alimentos (esta cantidad es mayor a medida que

2.3 República Dominicana

Urbano	Rural
Altos Ingresos	Con EE - Altos Ingresos
Medios Ingresos	Con EE - Medios-Bajos Ingresos
Bajos Ingresos	Sin EE - Altos Ingresos
	Sin EE - Medios-Bajos Ingresos

Cuadro 2.10: Clasificación del Sector Residencial.

disminuye el nivel de ingreso: 23.7 %, 42.2 % hasta llegar a 63.3 %), donde el 94 % es con GLP. Con esta misma tendencia, es de destacar que una cantidad significativa de hogares urbanos no poseen el uso de calentamiento de agua.[65]

En 2005, la fuente principal para el calentamiento de agua es la electricidad (cerca de 77 % del consumo útil), pero también hay participaciones importantes de GLP (con un 15 %) y solar (con un 8 %). Lo que se pretende es que la energía solar penetre en forma sostenida y desplace a la electricidad y al GLP.[65]

Si bien el clima tropical del país llevaría a relativamente menores consumos en el uso de calentamiento de agua, al igual que en ventilación y acondicionamiento del ambiente, y es de esperar que los hogares que no disponen de estos, según mejoren sus ingresos lo irán incorporando. En conservación de alimentos, solo en los hogares de bajos ingresos se observa una cantidad significativa de éstos que no disponen de artefactos para este uso (neveras o neveras con congelador).

En los hogares rurales, al igual que en los urbanos, el mayor consumo de energía es el utilizado en la cocción de los alimentos. Destacando que en esto el uso de la leña¹ es mayor que en los hogares urbanos, donde el predominante agente para dicho uso es el Gas Licuado de Petróleo, GLP².

Para los hogares rurales sin electricidad provista por la red pública, los usos conservación de alimentos y ventilación y acondicionamiento de ambientes no existen ya que, generalmente, estos usos son cautivos de la electricidad. Cuando estos hogares (altos ingresos) disponen de electricidad provista por un grupo generador

¹La leña es el recurso de producción nacional más utilizado; el volumen anual de leña utilizada en cantidades físicas está cercano a las 2 millones de toneladas.

²El GLP está muy difundido en el sistema energético Dominicano, representa el 17 % del consumo energético y el 52 % del consumo residencial.

CAP. 2. ESTADO DEL ARTE

(a) Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE.

	2005		2010	
ALTOS INGRESOS				
Iluminación	3.76	1.0%	3.91	
Cocción	85.12	23.7%	88.71	
Calentamiento de Agua	29.79	8.3%	31.04	
Conservación de Alimentos	23.86	6.7%	24.87	
Ventilación y Acond. Ambientes	168.06	46.9%	175.16	
Otros Artefactos	47.86	13.4%	49.88	
TOTAL	358.44	100.0%	373.58	
MEDIOS INGRESOS				
Iluminación	1.27	0.7%	1.35	
Cocción	74.65	42.2%	79.39	
Calentamiento de Agua	5.42	3.1%	5.77	
Conservación de Alimentos	19.93	11.3%	21.20	
Ventilación y Acond. Ambientes	49.50	28.0%	52.64	
Otros Artefactos	26.09	14.7%	27.74	
TOTAL	176.87	100.0%	188.08	
BAJOS INGRESOS				
Iluminación	0.92	0.8%	0.99	
Cocción	74.07	63.3%	79.70	
Calentamiento de Agua	2.12	1.8%	2.28	
Conservación de Alimentos	11.60	9.9%	12.49	
Ventilación y Acond. Ambientes	10.24	8.7%	11.02	
Otros Artefactos	18.10	15.5%	19.47	
TOTAL	117.04	100.0%	125.94	

Cuadro 2.11: Intensidades Energéticas Útiles - Residencial Urbano. (kep útiles/hogar)

propio o por baterías, la misma se destina principalmente a iluminación y a artefactos de comunicación (radios, televisores) incluidos dentro del uso otros artefactos, es por ello que no se registran en los de medios-bajos ingresos.

En los dos puntos de interés donde podemos influir para lograr la resolución de una vivienda dominicana construida energéticamente eficiente son la reducción de los consumos en calentamiento de agua, y los utilizados en la ventilación y acondicionamiento del ambiente. El análisis muestra que la tendencia de los hogares, es la de a mayores ingresos y mayores gastos energéticos en dichas áreas.

2.3 República Dominicana

(a) Fuente: Comisión Nacional de Energía, CNE.

	2005		2010
CON ELECTRICIDAD - ALTOS INGRESOS			
Iluminación	1.30	0.6%	1.38
Cocción	129.37	56.5%	137.02
Calentamiento de Agua	10.56	4.6%	11.18
Conservación de Alimentos	24.97	10.9%	26.45
Ventilación y Acond. Ambientes	39.13	17.1%	41.45
Otros Artefactos	23.78	10.4%	25.18
TOTAL	229.11	100.0%	242.43
CON ELECTRICIDAD - MEDIOS-BAJOS INGRESOS			
Iluminación	0.73	0.6%	0.79
Cocción	107.86	81.9%	116.07
Calentamiento de Agua	2.48	1.9%	2.67
Conservación de Alimentos	8.75	6.6%	9.41
Ventilación y Acond. Ambientes	2.92	2.2%	3.14
Otros Artefactos	8.96	6.8%	9.64
TOTAL	131.70	100.0%	141.72
SIN ELECTRICIDAD - ALTOS INGRESOS			
Iluminación	0.79	0.4%	0.84
Cocción	206.67	95.4%	218.90
Calentamiento de Agua	8.07	3.7%	8.55
Conservación de Alimentos			
Ventilación y Acond. Ambientes			
Otros Artefactos	1.00	0.5%	1.06
TOTAL	216.53	100.0%	229.34
SIN ELECTRICIDAD - MEDIOS-BAJOS INGRESOS			
Iluminación	0.19	0.1%	0.20
Cocción	151.61	97.7%	163.14
Calentamiento de Agua	3.42	2.2%	3.68
Conservación de Alimentos			
Ventilación y Acond. Ambientes			
Otros Artefactos			
TOTAL	155.21	100.0%	167.02

Cuadro 2.12: Intensidades Energéticas Útiles - Residencial Rural. (kep útiles/hogar)

2.3.7 Normativa presente en la Construcción

En la República Dominicana, todo lo concerniente a la construcción está regulado por la Ley 675 del 31 de agosto de 1944, sobre Urbanización y Ornato Público y sus modificaciones, así como, por la Ley 687 del 27 de julio de 1982, sobre Creación de un Sistema de Ingeniería, Arquitectura y Ramas Afines.[66]

A su vez, la Dirección General de Edificaciones (DGE), en el Ministerio de Obras Públicas (MOPC), es el organismo del Estado responsable de la regulación e inspección de las construcciones que se realizan en el país, la cual fue creada por la Ley 5150 del 13 de junio de 1959. Dentro de esta dirección, se encuentra la Oficina Central de Tramitación de Planos (OCTP), quien se encargada de la recepción y análisis de los documentos requeridos para obtener Licencia o Permiso para la Construcción, a su vez se tiene las funciones relacionadas con la tramitación y recepción de los planos, el diseño y la supervisión, las cubicaciones y el cálculos en la construcción de edificaciones.

También en el MOPC, bajo la ley 687 del 27 de julio de 1982, se crea la Dirección General de Normas, Reglamentos y Sistemas, la cual tiene las funciones de elaboración de los reglamentos técnicos que soportan la preparación y ejecución de proyectos y obras de ingeniería, arquitectura y ramas afines.

2.3.7.1 Reglamento General de Edificaciones

Con el objetivo establecer los requisitos mínimos a cumplir para la elaboración de los proyectos de edificaciones a erigirse en la República Dominicana, se ha creado el Reglamento General de Edificaciones. Dentro de las funciones que regula este reglamento, está la expedición de la licencia de construcción, así como el diseño, construcción y supervisión e inspección de las obras, que garanticen su calidad y la adecuada protección de los usuarios.

Este reglamento está compuesto por nueve (9) unidades, de las cuales no todas están completas, ya que todavía hay unidades y apartados que no han sido difundidos y están pendientes para su publicación. *Estos puntos están resaltados en **negritas** en el listado del reglamento.*

Unidad 1. Requerimientos Generales de Aplicación.

2.3 República Dominicana

Unidad 2. *Disposiciones Arquitectónicas.*

Unidad 3. Sistemas de seguridad contra incendios.

Unidad 4. Estudios Geotécnicos.

Unidad 5. Estructuras.

Título 1. Cargas Mínimas.

A. *Cargas y Combinaciones de Cargas*

B. Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras

C. *Análisis y Diseño por Viento de Estructuras*

Título 2. Hormigón Armado.

Título 3. Mampostería.

Título 4. Madera.

Título 5. Acero.

Título 6. *Estructuras Especiales.*

Título 7. *Evaluación de Vulnerabilidad y Rediseño.*

Unidad 6. Sistemas Eléctricos en Edificaciones.

Título 1. Instalaciones Eléctricas en Edificaciones

Unidad 7. Sistemas Sanitarios.

Título 1. Instalaciones Sanitarias en Edificaciones y Proyectos de Urbanización.

Unidad 8. Sistemas Mecánicos.

Título 1. *Ventilación.*

Título 2. *Refrigeración.*

Título 3. Gas Licuado de Petróleo.

Unidad 9. *Especificaciones de Construcción.*

2.3.7.2 Sistema de Elaboración de Reglamentos

El sistema de elaboración de cada reglamento conlleva cuatro pasos básicos que deben ser cumplidos, según lo establece la ley No.687 del 27 de julio de 1982, sobre Creación de un Sistema de Reglamentación Técnica de la Ingeniería, Arquitectura y Ramas Afines que son: La preparación del anteproyecto; la coordinación por parte de la DGRS; la aprobación por parte de CONARTIA¹, y la oficialización por el Poder Ejecutivo.

La iniciativa para la elaboración de un reglamento técnico puede provenir de diversas fuentes, como son:

1. La propia Dirección General de Reglamentos y Sistemas (DGRS).
2. La CONARTIA.
3. De cualquier organismo Estatal.
4. De cualquier profesional u organismo técnico del sector privado.
5. Personas físicas o morales vinculadas a la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines.

Estos pasos conllevan además, la constitución de comités técnicos para el estudio de los proyectos de reglamentos, integrados por organismos públicos, institucionales y privados presididos por un coordinador, que debe ser funcionario de la DGRS, cuya función principal es dirigir el mismo. Después de su aprobación, los proyectos son sometidos a la consideración de CONARTIA, que los revisa; si no hay objeción, los aprueba, y se solicita su oficialización por decreto al Poder Ejecutivo.

2.3.7.3 Licencia de Construcción

La licencia de construcción es el documento oficial que ampara la realización de una edificación en cualquier localidad del territorio nacional. Es un permiso requerido al sector construcción, tanto público, como privado, y a cualquier ciudadano que decida efectuar una edificación.

¹ Comisión Nacional de Reglamentos Técnicos de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines

2.3 República Dominicana

El trámite consiste en la obtención de una licencia, o permiso de construcción luego de haber demostrado la calidad del proyecto, mediante la presentación de los documentos que especifican las condiciones legales, estructurales y materiales para la ejecución de dicha construcción.

Entre los requisitos necesarios para la obtención de dicha licencia se encuentra:

- Demostrar propiedad del suelo sobre el cual se edificará la construcción.
- Demostrar la calidad de la construcción a realizar mediante la presentación de los planos y cálculos requeridos en cada caso.
- Demostrar la legalidad de la construcción a realizar mediante la presentación de documentos debidamente autorizados por las instancias que corresponda en cada caso.
- Realizar el pago de los impuestos requeridos por la tramitación de los documentos.

2.3.7.3.1 Documentos requeridos

Para todo tipo de construcción:

1. Memoria descriptiva del proyecto, encuadrada y en formato digital, donde se haga una breve descripción del proyecto, sus alcances, materiales y especificaciones (puede usar como guía, Apéndice R-009).
2. Dos juegos de planos en papel blanco grapados, con el mismo formato y a escalas establecidas en el Reglamento de R-021 (formato 24”x 36”) y un juego de planos en digital en formato .pdf y .dwg. Los juegos de planos en papel deben estar sellados por el Ayuntamiento correspondiente o la Liga Municipal en caso de no existir Departamento de Planeamiento Urbano en el Ayuntamiento más cercano a la ubicación del proyecto.
3. Copia del Título definitivo de propiedad.
4. Copia del Plano de Mensura Catastral deslindado y avalado por título definitivo de propiedad (de presentar varias mensuras, incluir Croquis Ilustrativo de solares refundidos firmado por Agrimensor colegiado).

5. Ficha técnica (Formulario F-3) debidamente lleno, emitido por Ayuntamiento correspondiente.
6. Certificación de Uso de Suelo y Retiro de Edificaciones emitido por Ayuntamiento correspondiente.
7. Certificación de No Objeción emitido por Ayuntamiento correspondiente.
8. Memoria de cálculos estructurales y análisis de cargas en digital, según R-006.
9. Estudio Geotécnico, según R-024, en digital, con sellos y firmas digitalizadas
10. Memoria de Cálculos Hidráulicos en digital, cuando aplique, según R-008 y Punto 5. Documentos requeridos adicionales, más abajo descritos.
11. Una vez sean aprobados los planos depositados, recibos de pago de impuestos según tasaciones realizadas en el MOPC, al Ayuntamiento correspondiente (ley 675-44) y al Colegio Dominicano de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores (CODIA), ley 687-82, art. 50.

Documentos requeridos adicionales: En construcciones realizadas en Centros Históricos, se requiere adicionalmente el permiso correspondiente con sus respectivos sellos en planos, de la Oficina de Patrimonio Monumental, en los planos arquitectónicos sometidos.

En construcciones que sean para estacionamientos o con edificios aparte para estacionamientos, se requiere de éstos, hoja de localización, ubicación y planta de parqueos dimensionados, para aprobación según las normas de la Dirección de Tránsito Terrestre.

En construcciones de cinco niveles o más, de uso sea diferente al residencial, de cien (100) o más aparatos sanitarios, estaciones de gasolina, envasadoras o que la intensidad de uso lo requiera, debe adicionarse cálculos hidráulicos, sistema contra incendio, cumplimiento de normas para minusválidos, ascensores y escaleras contra incendio, según R-008.

En residenciales desde diez viviendas o hasta 10,000 m² de construcción se requiere que los planos hidráulicos estén sellados por la Corporación de Acueducto

2.3 República Dominicana

y Alcantarillado correspondiente (CAASD¹, CORAASAN², CORAMOCA³, etc., ... o INAPA⁴ en el interior) y que los planos eléctricos estén por igual sellados por la Distribuidora de Electricidad que corresponda a la zona.

En construcciones en las zonas turísticas o de uso turístico, se requiere carta de No Objeción del Ministerio de Turismo y planos sellados por ese Ministerio.

En construcciones de zona franca se requiere adicionar copia del decreto que la declara como tal, para fines de exoneración de los impuestos a pagar.

En construcción de urbanizaciones se requiere además, el oficio de remisión del Ayuntamiento correspondiente con la resolución aprobatoria de la sala capitular, en los ayuntamientos donde todavía se realice por esta vía; y los planos urbanísticos, hidráulicos y eléctricos de la urbanización, sellados por las instituciones correspondientes (Ayuntamientos, Corporaciones de Agua o INAPA y EDES).

En caso de que la construcción se haya iniciado, se requiere además un informe de evaluación estructural (vulnerabilidad) realizado por un consultor o firma de consultores calificados en el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, MOPC, donde se demuestre y certifique que cumple con los requisitos mínimos estructurales de seguridad y estabilidad, R-021.

2.3.7.4 Listado de Boletines y Reglamentos

Dentro de las normas y reglamentos ya creados para la construcción se encuentran:

Boletines:

No.3/79 Reglamento de Precalificación de Empresas Constructoras.

No.3-A/79 Reglamento de Precalificación para Ingenieros Individuales, Empresas Recién Constituidas, Maestros Constructores y Estudiantes de Término.

No.4/79 Medidas de Control para la Instalación de Casilleros de Correos en Edificaciones.

¹Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo

²Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago

³Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Moca

⁴Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados

No.9/80 Recomendaciones Provisionales para el Análisis por Viento de Estructuras.

No.13/84 Ley No. 687. Creación de un Sistema de Reglamentación Técnica de la Ingeniería, Arquitectura y Ramas Afines.

No.16/86 Recomendaciones Provisionales para la Ventilación Natural en Edificaciones.

No.17/87 Código Legislativo del Ejercicio Profesional de la Ingeniería, la Arquitectura y Ramas Afines.



Figura 2.43: Portadas de uno de los Boletines.

Reglamentos:

R-001 Reglamento para el Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras. (Decreto No.201-11).

R-002 Reglamento para Estacionamiento Vehicular en Edificaciones (2da. Edición, 1990) (Decreto 284-91).

R-003 Reglamento para Instalaciones Eléctricas en Edificaciones (2da. Edición, 1990)(Decreto 284-91).

2.3 República Dominicana

R-004 Reglamento para la Supervisión e Inspección General de Obras (Decreto No. 670-10).

R-005 Reglamento para Dibujo de Planos en Proyectos de Edificaciones.

R-006 Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras. Ejemplos de Aplicación.

R-007 Reglamento para Proyectar sin Barreras Arquitectónicas (2da. Edición, 1992) (Decreto 284-91).

R-008 Reglamento para el Diseño y la Construcción de Instalaciones Sanitarias en Edificaciones. (Decreto No. 572-10).

R-009 Especificaciones Generales para la Construcción de Edificaciones.

R-010 Recomendaciones Provisionales para Instalaciones Eléctricas en Edificaciones. Parte 2.

R-011 Criterios Básicos para el Estudio Geotécnico de Carreteras.

R-012 Criterios Básicos para el Diseño Geométrico de Carreteras.

R-013 Instrucciones para Presentación de Propuestas de Estudios y Proyectos de Carreteras.

R-014 Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras.

R-015 Efectos $P\Delta$ en la Respuesta Sísmica No Lineal (PTI).

R-016 Recomendaciones Provisionales para Espacios Mínimos en la Vivienda Urbana.

R-017 Recomendaciones Provisionales para la Presentación de Proyectos Viales.

R-018 Diseño a Flexo compresión de Muros de Hormigón Armado. Secciones Rectangulares, L y C (PT2).

R-019 Recomendaciones Provisionales para Diseño y Construcción de Sistemas de Drenaje en Carreteras.

R-020 Manual Ambiental para Diseño y Construcción de Proyectos Viales.

R-021 Requerimientos de Aplicación del Reglamento General de Edificaciones y Tramitación de Planos. (Decreto No. 576-06).

R-022 Reglamento No. 347/98. Diseño y Construcción de Subestaciones de Media a Baja Tensión.

R-023 Reglamento para el Diseño de Plantas Físicas Escolares (Niveles Básico y Medio)(Decreto No. 305-06).



(a) Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, MOCP.

Figura 2.44: Portadas de algunos de los Reglamentos.

R-024 Reglamento para Estudios Geotécnicos en Edificaciones. (Decreto No. 577-06).

R-025 Reglamento de Instalación de Plantas Eléctricas de Emergencia. (Decreto No. 578-06).

R-026 Reglamento para la Ejecución de Trabajos de Excavación en las Vías Públicas. (Decreto No. 61-07).

R-027 Reglamento para Diseño y Construcción de Edificios en Mampostería Estructural. (Decreto No. 280-07).

2.3 República Dominicana

R-028 Reglamento para Diseño, Fabricación y Montaje en Estructuras de Acero. (Decreto No. 436-07).

R-029 Reglamento para el Diseño y Construcción de Edificaciones en Madera Estructural. (Decreto No.677-09).

R-030 Reglamento para el Diseño e Instalación de Sistemas de Gas Licuado de Petróleo. (Decreto No.178-10).

R-031 Reglamento para el Diseño de Medios de Circulación Vertical en Edificaciones (Decreto No.84-11).

R-032 Reglamento para la Seguridad y Protección contra Incendios (Decreto No.85-11).

R-033 Reglamento para Diseño y Construcción de Estructuras en Hormigón Armado. (Decreto No. 50-12).

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana

Se podría llegar a creer, que en la República Dominicana, el involucrar la sostenibilidad en la construcción es una novedad, pero es fácilmente visible notar estas nociones en las construcciones de las viviendas de las áreas rurales de nuestro país. La arquitectura vernácula dominicana ha utilizado los materiales que en su mayor parte proceden del entorno inmediato, muchos de los cuales son de origen vegetal (como yagua, cana y guano), que se adaptan al medio y al terreno concreto en el que se construía. Estas viviendas lograban el confort climático por medio de la manipulación de sus elementos arquitectónicos como respuesta a la radiación solar, la precipitación y los vientos, y mantenían una temperatura del aire y un bajo nivel de humedad dentro de los espacios habitables, logrando así una verdadera construcción sostenible.

El construir y el edificar implica la generación de grandes impactos en el medio que nos rodea, con la bioconstrucción lo que se persigue es minimizarlos en la medida de lo posible, ayudando a crear un desarrollo sostenible que no agote al planeta sino que sea generador y regulador de los recursos empleados, además consiguiendo un hábitat saludable y en armonía con el entorno.

Como medida sostenible y de eficiencia energética, países en todo el mundo están buscando reducir su dependencia de los combustibles fósiles, construyendo sistemas de energía que puedan soportar los objetivos de desarrollo económico y social. Con ello se quiere llegar a disminuir las emisiones de contaminantes locales y de gases de efecto invernadero que alteran el clima, empezado a beneficiarse con una adopción temprana, de tecnologías de energía de bajas emisiones o de emisión cero.

2.4.1 Edificios Verdes

Edificios Verdes, son los que se basan en una forma de crear un hábitat respetando siempre el medio donde se realiza, y teniendo especial cuidado con todos y cada uno de los elementos de la naturaleza. Estos edificios tienen una triple misión: preservar el medio ambiente, ahorrar energía y contribuir al bienestar del entorno.

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana

Con el auge que tiene a nivel mundial el desarrollo sostenible y la conservación del planeta, surge en la República Dominicana, una nueva tendencia en la construcción y el uso de edificios, la cual pretende imponerse. Esta se trata de los llamados edificios verdes o ecológicos, los cuales son levantados usando materiales naturales en un gran porcentaje, con el fin de reducir el impacto medioambiental.

Edificios verdes o “Green Building” es un concepto que promueve las mejores prácticas para el diseño de edificios sostenibles, creando consciencia sobre la importancia de contribuir positivamente al medio ambiente y fomentar el equilibrio de los recursos naturales.

En el país a la fecha, tenemos varios de estos llamados edificios verdes, algunos todavía en fase de construcción. Uno de ellos, es el edificio que construye la embajada de Estados Unidos, otro es el centro comercial Ágora, el nuevo edificio de la empresa telefónica Orange, la Torre Anacaona 27 y el edificio del Grupo Banas. En estos casos, lo que se ha querido es el reducir el consumo de la energía eléctrica hasta un 50 por ciento, el consumo de agua de 30 a 50 por ciento, buscando, también que los residuos del edificio se reduzcan aplicando medidas reciclables. En cuanto a los edificios con aire acondicionado, el aire es de una calidad mayor, porque este se extrae casi un 100 por ciento de aire fresco.

De acuerdo al United State Green Building Council (USGBC), hay tres proyectos en la República Dominicana que están registrados con la clasificación mundial LEED. No hay ningún proyecto del país que haya recibido la certificación LEED para su proyecto.

Estos proyectos en República Dominicana, registrados con el USGBC y que se encuentran en el proceso de certificación LEED, son:

- **Centro Comercial Ágora:** Ha sometido la aplicación para la certificación de Operación y Mantenimiento.
- **Torre Anacaona 27:** Ha sometido la aplicación para la certificación LEED-Nueva Construcción.
- **Edificio Grupo Banas:** Ha sometido la aplicación para la certificación LEED-Nueva Construcción.

2.4.1.1 Centro Comercial Ágora

Este novedoso centro comercial, está buscando cumplir la mayoría de los requerimientos de la certificación LEED CS en los primeros tres grupos de crédito que son: *Sitio sostenible* teniendo una buena ubicación lo hace accesible para todos, *la eficiencia del agua* logrando obtener un significativo ahorro de agua, y *eficiencia energética* consiguiendo un menor consumo de energía en las operaciones cotidianas.



Figura 2.45: Centro Comercial Ágora, en el día.

La certificación que se ha plantado cumplir dicho proyecto, la LEED CS, se define como la construcción de núcleo y envoltorio cubre los elementos base del edificio, tales como la estructura, fachada y cubiertas así como los sistemas e instalaciones a nivel de todo el edificio, tales como las instalaciones centrales de climatización, electricidad, fontanería, protección contra incendios, etc.



Figura 2.46: Centro Comercial Ágora, en la noche.

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana

Tiene planta de energía, planta de tratamiento de aguas residuales y sistema central de aire en las zonas comunes. El edificio se proyecta para ahorrar hasta un 40 % de los consumos de agua y de iluminación utilizado por los centros del mismo tamaño. Contará también con el sistema LED para las luces. Además, incluyen un sistema inteligente de estacionamiento guiado.

2.4.1.2 Torre Anacaona 27

La torre residencial Anacaona 27 (en construcción...) es el más grande de los proyectos exclusivos y de lujo de todo el país. Será el edificio verde más alto y también uno de los cinco edificios residenciales más altos, ambas categorías a nivel nacional. El edificio está compuesto de cuarenta(40) niveles más sótano, para una altura total aproximada de 153 metros.

El edificio está registrado oficialmente en Washington como Green Building tomando en cuenta la selección de los materiales, procedimientos de construcción e instalaciones. Anacaona 27 es un edificio que entiende que el respeto al medio ambiente es más que una propuesta, cuando se vive en armonía con el medio ambiente se vive con la satisfacción de saber que la naturaleza está de tu lado.[67]

- Forma aerodinámica para enfrentar vientos predominantes.
- Ventanas panorámicas con vistas privilegiadas al Parque Mirador Sur y al Mar.
- Empleo de materiales inofensivos para la salud de las personas en todos los campos de las instalaciones, en las cocinas entre otros.

La fachada ventilada, la carpintería de aluminio y vidrio, además de ser de madera por dentro y aluminio por fuera tiene rotura de puente térmico y los cristales con factor solar de 0.30 que se convierten en ahorro de energía, que al mismo tiempo aísla el sonido exterior.

CAP. 2. ESTADO DEL ARTE



Figura 2.47: Diseño de la Torre Anaconda 27

**U.S. Green Building Council
LEED Registered Projects**

Sorted By: Project Type
April 12, 2007

Confidential	Project Name	City	State	Country	LEED Rating System	Version	Project Type	Owner Type	Occupant Type	Gross Square Footage	Registration Date
Yes		Kent	WA	US	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	122,500	30-Nov-2006
Yes		Seattle	WA	US	LEED NC	2.1	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	354,555	01-Nov-2005
No	23rd & Main	Seattle	WA	US	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Individual	17,383	05-Sep-2008
Yes		Seattle	WA	US	LEED NC	2.1	Multi-Unit Residence	Non-Profit Org.	Mixed Occupancy	52,101	13-Sep-2005
No	Nordheim Court Student Housing	Seattle	WA	US	LEED NC	2.1	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	169,391	19-Oct-2005
Yes		Seattle	WA	US	LEED NC	2.1	Multi-Unit Residence	Profit Org.	State Government	176,000	22-Mar-2004
No	Traugott Terrace	Seattle	WA	US	LEED NC	2.1	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	71,342	04-Nov-2005
No	Vener Loft	Seattle	WA	US	LEED NC	2.0	Multi-Unit Residence	Non-Profit Org.	Non-Profit Org.	38,483	13-Mar-2002
No	Building G	Seattle	WA	US	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	136,126	07-Mar-2006
No	The Norman	Madison	WI	US	LEED NC	2.1	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	209,126	22-Sep-2006
Yes		Madison	WI	US	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	42,000	08-Dec-2004
No	Torne Valle Sur	Montreay	MX	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	59,296	05-Mar-2007	
No	Urban Vista	Bonambi City	PA	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	59,782	19-Jul-2006	
No	Anaconda 27	Santa Lomonga	CO	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Mixed Occupancy	17,216	24-Feb-2007	
No	Pizza Palace Hotel Cape	Sao Paulo, SP	BR	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Individual	550,000	14-Sep-2007	
No	The O2 - Green Square	Sao Paulo, Sp	BR	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Individual	1,162,811	03-Jan-2007	
No	Savannah CondoPark	Singapore	SG	LEED NC	2.2	Multi-Unit Residence	Profit Org.	Individual	945,021	05-Nov-2006	

Figura 2.48: Registro de la Torre Anaconda 27 en LEED

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana

2.4.1.3 Oficinas Grupo Banas

El grupo empresarial Banas, dedicado al uso de energía renovable se conjugó en hacer de sus oficinas: el primer edificio administrativo verde con certificación LEED por el United States Green Building Council (USGBC) en el país, para lo cual elaboró un plan de manejo de aguas, reducción de contaminación ambiental, producción y uso eficiente de energía, y techo verde.

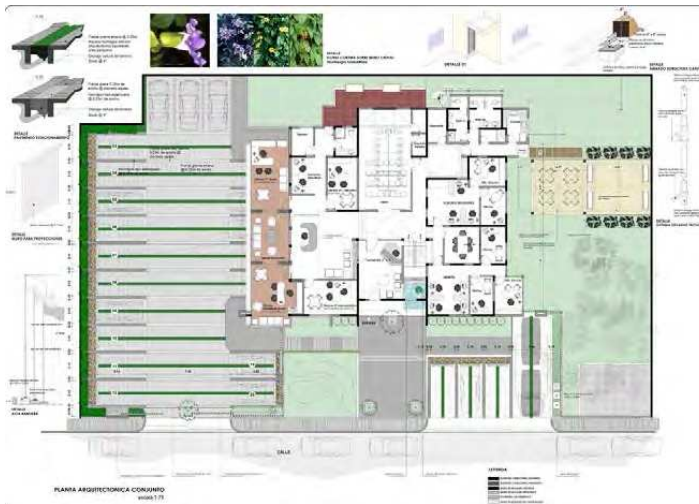


Figura 2.49: Planta Arquitectónica Oficinas Grupo Banas



Figura 2.50: Oficinas Grupo Banas

2.4.2 Energías Renovables

La República Dominicana ha asumido el compromiso de seguir una ruta de desarrollo más sostenible y sin efectos nocivos para el clima, reducir su huella de carbono en el mundo y a la vez proporcionando a sus ciudadanos un acceso a energías más sostenibles.

El avance de la energía limpia se ha convertido en una prioridad nacional que incluso está incluida en la Constitución. Bajo la Ley 57 del 2007, sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales, se establece un objetivo del 25 % de la energía renovable en el consumo final del país para 2025, y crea mecanismos de apoyo para incentivar los recursos de energía renovable con créditos impositivos integrales, una tarifa de alimentación, y la creación de un fondo para recursos renovables.

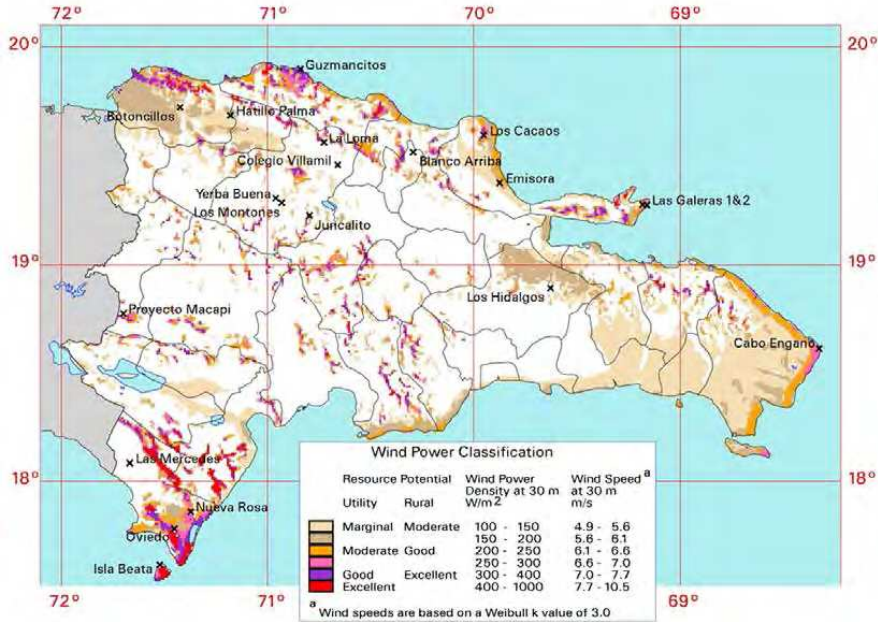
Frente a la pronosticada escasez del petróleo y a su aumento de precio, las energías renovables están entre las soluciones más indicadas para enmendar la matriz energética de nuestro país.

2.4.2.1 Energía Eólica

En el caso de la energía eólica, el principio fundamental consiste en convertir la energía primaria del viento en energía eléctrica mediante aerogeneradores. Es una de las fuentes energéticas renovables más desarrolladas y apta para formar parte del mix energético de un país, y cuenta con una tecnología de explotación ampliamente probada en todo el mundo: la generación eólica mundial alcanza un total de 194,390 MW (fuente: GWEC), y en la Unión Europea representa el 10 % de la potencia instalada (fuente: ENEA). [68]

La República Dominicana tiene buenos recursos eólicos, teniendo gran potencial para la generación de este tipo de energía. Muchos lugares de la nación, cuentan con una velocidad de viento promedio de más de 7 metros por segundo a 80 m sobre el nivel del mar, y un número de lugares ofrecen velocidades promedio mayores a 8 metros por segundo. El mejor recurso eólico se encuentra en la parte occidental del país, en las áreas a lo largo de las costas sur y norte y en las montañas centrales a lo largo de la frontera con Haití.

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana



(a) Fuente: Departamento de Energía USA

Figura 2.51: Zonas más favorables de Recurso Eólico

Los regímenes de vientos a lo largo y a lo ancho del país presentan una gran variabilidad, tanto diurna como estacional, lo que significa que si los proyectos eólicos se construyen todos en un único lugar, es probable que la generación produzca variaciones en el funcionamiento del sistema. Sin embargo, diferentes regiones tienen ciclos diurnos complementarios que se pueden usar para limitar la exposición del sistema de energía a una fuerte variación diaria.

En nuestro país, por ejemplo, el potencial de energía eólica es suficiente para satisfacer cinco veces la demanda nacional¹, el país tiene un potencial total de vientos buenos y excelentes para generación eólica que llega a los 10,000 MW, mientras que la demanda promedio (en 2010) es de 2,000 MW.

Según, el Informe sobre los puntos clave del sector energía de la República

¹Según un estudio del año 2001 del Nacional Renewable Energy Laboratory de Estados Unidos (NREL)

Dominicana enfocado a la mitigación realizado para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP), en el país, existe un importante potencial eólico tanto para el desarrollo de sistemas aislados (20 GW, 35,000 GWh) como en interconexión con el Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI) (10 GW, 25,000 GWh). Este potencial se ha traducido en el otorgamiento de concesiones para parques eólicos por un total de 710 MW. Como parte de dichas concesiones se han realizado estudios más detallados orientados a cuantificar el potencial de sitios específicos y evaluar la infraestructura eléctrica existente.

Proyectos Eólicos (Concesiones otorgadas al 20/06/2012):

- Dominicana Renovables
- Taino Power
- Offir
- Birhan
- Tarazet
- Iler(Moca)
- La madreleña
- Lasper
- Callot
- Los 4 vientos
- Los cocos
- Quilvio Cabrera
- Juancho
- Matafongo
- Poseidon
- Granadillo
- Galloway
- Pecasa
- Hidro-ener
- Dr. Wind Energy



Figura 2.52: Concesiones para Proyectos Eólicos

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana

Parque Eólico Los Cocos

El Parque Eólico Los Cocos está ubicado en el valle de Juancho (provincia de Pedernales), cerca de la Laguna de Oviedo, la Bahía de las Águilas y el Parque Nacional Jaragua, en el sur del país.



(a) Fuente: Diario Libre

Figura 2.53: Esquema del Parque Los Cocos

En el valle de Juancho hay unas 3000 horas de viento anuales (más de 8 horas diarias) con una velocidad media de 7 metros por segundo, lo que constituye un emplazamiento excelente para el desarrollo de un parque eólico. En comparación con datos mundiales, si tomamos los casos de Alemania y España vemos que ambos países tienen un factor de capacidad (aprovechamiento del viento) promedio del 20 %, mientras que en Juancho es superior al 30 %.[68]

Este parque eólico, consta de 40 aerogeneradores: 14 aerogeneradores de la firma danesa VESTAS, con una generación total aproximada de 25MW. y 26 aerogeneradores marca GAMESA con una generación total aproximada de 52MW, lo que permitirá obtener una capacidad total generada de 77MW. Los molinos instalados, alimentarán al Sistema Eléctrico Nacional con energía totalmente limpia, proveniente de los poderosos vientos que soplan en la región.



(a) Fuente: Diario Libre

Figura 2.54: Vista aerea del Parque Los Cocos

2.4.2.2 Energía Solar

La energía solar, emblema de las energías renovables, ha protagonizado en los últimos años una progresión debido a las mejoras de la tecnología, asociada a la reducción de costos y principalmente gracias al interés mostrado por las diferentes administraciones en distintos países, en forma de ayudas y subvenciones.

El potencial del recurso solar es excelente y ha sido estimado en base a la información provista por 26 estaciones meteorológicas y un estudio del programa SWERA. El promedio anual de la radiación solar global se sitúa entre los 5 y 6 kWh/m²/día, con un gradiente descendiente de oeste a este del país. Estos niveles de insolación permiten tanto aplicaciones térmicas (calentamiento de agua) como para la generación de electricidad (solar fotovoltaica).

Las tecnologías actuales han permitido convertir la energía solar en energía eléctrica. Las dos categorías consolidadas para estos fines son: módulos fotovoltaicos (FV) que convierten la luz directamente en electricidad, y sistemas de energía solar concentrada (CSP) que convierten la luz del sol en energía térmica que luego se utiliza para impulsar un generador.

La energía solar puede funcionar en cualquier escala. Mientras que los sistemas CSP generalmente se consideran viables sólo como plantas de energía a escala de servicios públicos, la tecnología FV es modular y puede escalarse para ser utilizada en el techo de una residencia, en ambientes de tamaño mediano tales como centros turísticos e instalaciones industriales, o como parte de una red en parques FV grandes a escala de servicio público.

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana

Módulos Fotovoltaicos (FV)

Una instalación de energía solar fotovoltaica supone la generación de electricidad a partir de energía limpia y renovable, y que posibilita el desarrollo sostenible del país, por cuanto se protege el medio ambiente y asegura una producción energética duradera para generaciones futuras.

En la República Dominicana, la energía solar FV ha sido usada por mucho tiempo en lugares fuera de la red para proporcionar energía en hogares y negocios alejados, infraestructuras aisladas y otras cargas. Es el caso de la Central de energía solar en Monte Plata, cuyo aporte al sistema energético es de 54 megavatios, con un total de 198,000 paneles solares, siendo a la fecha, la central eléctrica solar más grande de Latinoamérica y la primera de su tipo en la región.



(a) Fuente: Clean Development Mechanism (CDM)

Figura 2.55: Central de energía solar en Monte Plata, República Dominicana

Las concesiones otorgadas por el CND para proyectos solares, al 20/06/2012:

- Delhi Global
- Nizao-Pizarrete
- Los negros fase I
- Isofoton
- Los negros fase II
- Wc Energy
- Electronic JRC



(a) Fuente: Consejo Nacional de Energía

Figura 2.56: Concesiones para Proyectos Solares

Planta convencional de vapor de ciclo combinado (CCSI)

Las plantas de energía son esencialmente sobre la base de la combinación de una planta convencional de vapor de ciclo combinado con un sistema de concentradores solares de refuerzo. La principal ventaja de una planta CCSI es que la capacidad máxima puede ser aumentada a un menor coste de capital y podemos disponer de la energía solar, que siempre está disponible durante las horas del día. Con la instalación de una planta de 50 MW, podemos producir unos 300 GWh por año.

Planta de generación con concentradores solares (CSP)

La república Dominicana tiene zonas con excelente régimen solar con una radiación promedio de 5.5 KWH/día, podría implementar centros de generación de 50 MW, con un rendimiento de aproximadamente 200 GWh por anuales, que aun no son explotados.

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana

2.4.2.3 Biomasa

En el Caribe, hay diversas fuentes de materia prima, para la utilización como biomasa, desde los residuos de los cultivos agrícolas, como son el bagazo¹ de la caña de azúcar, la cáscara del café, la paja del arroz y las cáscaras de coco, así como biomasa de madera.

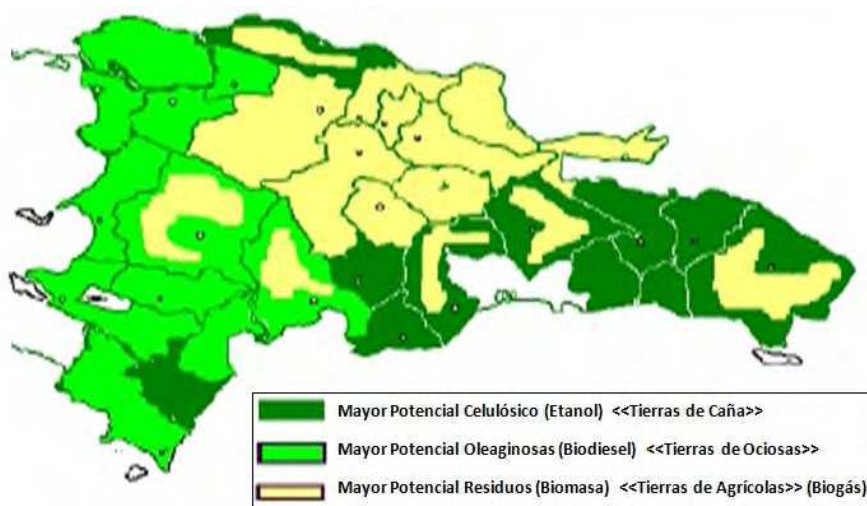


Figura 2.57: Potencial de Biocombustible y Biomasa por provincia.

Al igual que en el caso del bagazo, la cascarilla del arroz es comúnmente utilizada para proveer calor de proceso para el secado del grano (sin cogeneración), existiendo un excedente que se emplea en diversas aplicaciones en la agroindustria y avicultura. En el año 2006, se obtuvo una capacidad de generación de energía de 49 MW térmicos que cubriría la demanda de calor de proceso. Por otro lado existe una producción de follaje de arroz situada entre 100,000 y 970,000 t/año que se podrían emplear para la generación de biogás.

El estiércol de porcinos y vacunos para la producción de biogás en el ámbito rural puede alcanzar una producción potencial de 1,230,000 m³ de biogás/día, factible principalmente para pequeñas haciendas rurales y la agroindustria.

¹El bagazo consiste en la materia sólida (fundamentalmente celulósica), remanente de la extracción del jugo de la caña de azúcar.



(a) Fuente: Biomasa Agroindustrial

Figura 2.58: Procesando Bagazo de Caña.

En nuestro país, como en cualquier otro lugar, una de las barreras fundamentales para desarrollar biomasa como una fuente de energía, es el desafío logístico de recolectar el residuo biomasa dispersado, de manera económicamente eficiente. Además, será importante gestionar el desecho agrícola para no comprometer la calidad del suelo para cultivos futuros, y lograr un resultado neto positivo para la sociedad del uso de la biomasa.

2.4.2.4 Plantas Hidroeléctricas Pequeñas

Las plantas hidroeléctricas pequeñas tienen muchas ventajas como fuente de energía, incluida la capacidad de proporcionar electricidad económica y limpia a comunidades en áreas alejadas que pueden no tener acceso a otros recursos. Están clasificadas como pequeñas porque generan menos de 10 MW de electricidad. Funcionan como pequeños sistemas de pasada que desvían agua hacia canales que se conducen a una rueda hidráulica o turbina, o, de forma similar, pueden funcionar como las grandes plantas hidroeléctricas, con sistemas con dique que tienen reser-

2.4 Construcción Sostenible en la Rep. Dominicana

vas de almacenamiento a pequeña escala.

La República Dominicana tiene más potencial hidroeléctrico que cualquier otro país del Caribe, con una estimación de 9,000 GWh por año factibles técnicamente, de acuerdo con la Red Internacional de Pequeñas Plantas Hidroeléctricas. La agencia de coordinación del sistema eléctrico del país, el Organismo Coordinador (OC), informa que la República Dominicana tiene 523 MW de grandes plantas hidroeléctricas instaladas.

Los pequeños proyectos hidroeléctricos han sido muy beneficiosos para las áreas rurales de la República Dominicana, especialmente en comunidades que no pueden conectarse con la red nacional. El Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP, por sus siglas en inglés), a través del Programa de Pequeños Subsidios para Instalaciones Ambientales Globales, ha ayudado a iniciar 15 pequeños proyectos hidroeléctricos, que suministran electricidad a 998 familias y tiene una capacidad instalada total de 233 kW. Además, se están planificando o diseñando 30 pequeños proyectos hidroeléctricos patrocinados por diferentes programas de electrificación rural, que llevarán 900 kW a más de 1,000 hogares en partes remotas del país.

Un ejemplo de estas micro centrales hidroeléctricas es la llamada Majagual, entregada por la UERS con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, con el propósito de suplir energía eléctrica 24 horas a aproximadamente 700 habitantes. Tiene una capacidad de generación de 40 kilowatt, y la obra hidroeléctrica se localiza en el municipio de Galván y se alimenta del Arroyo Capá.

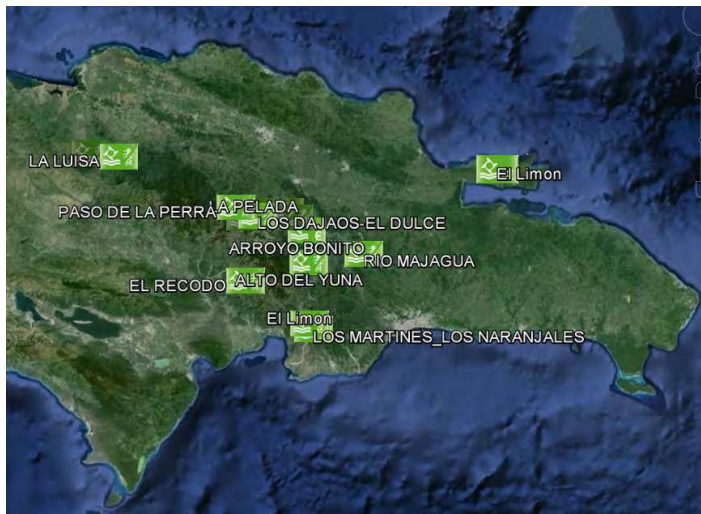
Proyectos Minihidroeléctricos: (Concedidos por el Consejo Nacional de Energía, CND):

A. Estatal: Concedido al Sistema Eléctrico Nacional Interconectado, SENI

- EVYP
- Arroyo Bonito
- El limón

B. Comunitarios: Concedidos a instituciones de interés social

- Rio Mnanati
- La Luisa
- Paso de la Perra
- La lomita
- Lo calabozos
- Los bajaos-el dulce
- Arroyo grande
- La pelada
- Loma de Sal
- Rio Majagua
- Alto del Yuma
- El limon
- Los martinez-los naranjales
- El recodo



(a) Fuente: Consejo Nacional de Energía

Figura 2.59: Concesiones para Proyectos Minihidroeléctricas

2.5 Conclusiones

República Dominicana, país considerado de los más ricos en biodiversidad, ha asumido su papel frente a la construcción sostenible, procurando el reducir su huella de carbono en el mundo. Se ha visto que desde sus inicios, los habitantes del país han involucrado la sostenibilidad en las construcciones de sus viviendas, siempre utilizando materiales mayormente de origen natural y de su entorno (Palma, Yarey, Madera, etc.), los cuales permitan un cierto nivel de confort y de resistencia ante las inclemencias del tiempo.

En nuestro país, aun no existe consenso sobre el concepto la construcción sostenible o verde. Sin embargo existe un conjunto de experiencias en curso y exitosas que nos permiten indicar que hay una percepción en los sectores público y privado sobre las características fundamentales que deberá tener cualquier aproximación globalmente acordada sobre este concepto. El creciente avance hacia la bioconstrucción, queriendo reducir los consumos de energía y de agua en las edificaciones modernas, empieza a mostrar los beneficios que aportan a los usuarios y al entorno estas medidas constructivas.

Los estándares internacionales de construcción han requerido que muchos países, con interés sostenible, modifiquen e incluyan en sus normas las recomendaciones necesarias para que tanto la eficiencia energética en los edificios como los materiales utilizados, sean considerados relevantes en los edificios construidos. La carencia o deficiencia existente en estos sentidos, en la normativa Dominicana para la construcción, permite que no se tomen en cuenta las medidas correctas frente al comportamiento térmico, a la eficiencia energética, a la creación de medidas que permitan ser cada vez más sostenibles de las viviendas, procurando disminuir el impacto ambiental generado.

El creciente desarrollo en explotación e incorporación al país de las energías renovables, ha permitido que se esté utilizando a nuestro favor, las ventajas de ubicación para su aprovechamiento solar, viento, de agua y también los desechos para la obtención de biomasa.

La riqueza de recursos naturales, especialmente aquellos enfocados a las fuentes renovables con los que cuenta la nación, especialmente la biomasa, la solar y

la eólica son importantes. También lo son las que todavía se encuentran sin cuantificar, pero que al realizar los estudios pertinentes pudieran arrojar un potencial explotable, como la geotérmica, la energía de olas y mareas, que puede y debe ser explotado más agresivamente.

En resumen, la República Dominicana se encuentra en una fase inicial frente a la construcción sostenible, mostrando interés en desarrollar este concepto en todos los ámbitos necesarios para una mejor relación de los usuarios y su entorno. Es recomendable que el proceso continúe bajo una serie de medidas que se deben adoptar para que puedan evolucionar en el área de la construcción, adoptando nuevos materiales y nuevas técnicas, que permitan mejorar sus edificaciones.

El desafío urgente de proteger nuestra casa común incluye la preocupación de unir a toda la familia humana en la búsqueda de un desarrollo sostenible e integral.

Papa Francisco

CAPÍTULO

3

Metodología de Actuación

RESUMEN

En este capítulo se describen los casos a ser estudiados, como representación de las viviendas tradicionales (unifamiliares y multifamiliares) dentro del mapa edificatorio Dominicano, seleccionados mediante los datos presentados por la Oficina Nacional de Estadística del país, donde desglosa los materiales más utilizados en la construcción, lo que nos define las características constructivas y los materiales de los modelos estudiados.

También, se detallan, los distintos análisis a los que se sometieron los casos de estudio, agrupados en tres puntos de interés, como son: la orientación más favorable y adecuada para los edificios; la propuesta de alternativas de mejora para los sistemas constructivos de cubierta y de fachadas; y la inclusión de elementos de sombreado, como lo son los aleros y los parasoles. Análisis realizados con herramientas informáticas de última generación en el diseño y construcción sostenible, como son el Ecotect® Analysis y el DesignBuilder®.

3.1 Introducción

El objetivo fundamental de la construcción sostenible, conlleva la colaboración en conjunto de tres factores: el medio ambiental, el social y el económico. Este proceso engloba, primero: el no degradar el medio ambiente en el que vivimos y que heredarán las generaciones futuras reduciendo al mínimo los impactos ambientales generados en los procesos constructivos de los edificios; segundo: brindar la protección y el confort que requieren los usuarios de las edificaciones y su entorno; y tercero: satisfacer la mayor cantidad de necesidades que presentan las personas en relación a sus viviendas sin encarecer los costos de las soluciones.

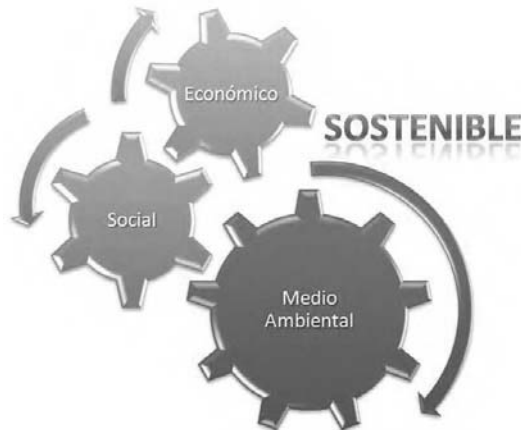


Figura 3.1: Componentes de la Sostenibilidad.

Tomando en cuenta la importancia de cada uno de estos factores, lo que se pretende en este capítulo, es plantear una metodología de actuación para reducir y optimizar los consumos energéticos de los edificios, desde el punto de vista de la climatización, buscando alcanzar temperaturas dentro del rango de confort térmico mediante sistemas pasivos (sin consumir energía). Para llegar a este objetivo, se plantea buscar la mejor orientación de los edificios y mejorar las actuales técnicas constructivas de forma que mediante opciones de bajo coste, se puedan plantear mejoras en el confort térmico interior. Estas modificaciones a las tradicionales soluciones constructivas, se plantean tanto en la cubierta como en las fachadas, es-

3.1 Introducción

tableciendo estas estrategias para utilizar en la construcción Dominicana. Con esto queremos plantear un conjunto de soluciones constructivas bioclimáticas y con carácter energéticamente eficiente.

Una de las características mas interesantes que se tomarán en cuenta en la búsqueda de dichas alternativas, será el factor económico, ya que es importante mostrar a los usuarios o futuros constructores la rentabilidad en su aplicación. También, lo que se busca es que estas soluciones puedan estar al alcance del mayor porcentaje de la población, para poder así fomentar un mayor uso.

Un objetivo fundamental al diseñar un espacio habitable, es asegurar el bienestar térmico de sus ocupantes, con una demanda energética compatible con las actividades desarrolladas en el interior del mismo[11]. Los factores como el clima, la construcción y el gasto energético de los edificios están interconectados, de forma que se aprovechan las características del lugar para diseñar las edificaciones y adecuar los consumos de energéticos de éstas al entorno.

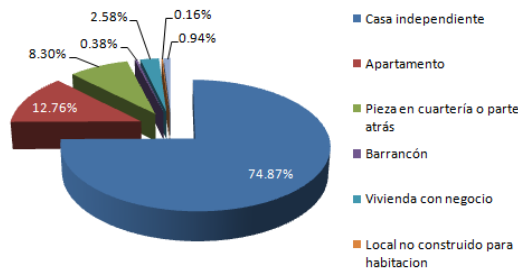
En países de clima cálido y húmedo, como es el caso de la República Dominicana, alcanzar condiciones interiores confortables no es posible solo implementando estrategias pasivas en el diseño arquitectónico de las edificaciones, especialmente en las densas áreas urbanas[12]. El uso de aire acondicionado para contrarrestar estas condiciones, está muy lejos de poder ser asumido por la gran mayoría de la población, no siendo esta una solución eficaz por su alto consumo energético y el coste cada vez mayor de la energía[13].

Después de analizar en detalle las características demográficas y la tipología constructiva de los edificios en la República Dominicana, y a su vez, evaluando las condiciones en que se encuentran, siempre teniendo en cuenta sus condiciones climáticas, se puede percibir y cuantificar el amplio consumo de energía en que incurren las personas en sus viviendas, siendo los gastos mas elevados según el *Análisis Energético de las Viviendas*, desglosado en el capítulo 2: en la cocción de los alimentos, y en la ventilación y acondicionamiento del ambiente de las edificaciones.

3.2 Casos de Estudio

De acuerdo a los resultados del IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, realizado por la Oficina Nacional de Estadística (ONE), la República Dominicana cuenta con 3,071,736 viviendas, de las cuales el 87 % están ocupadas y el 13 % están desocupadas[59]. Distribuidas en el territorio nacional de forma que el 74.03 % de las viviendas están en las zonas urbanas y el 25.97 % de las mismas en las zonas rurales del país. De la totalidad de estas edificaciones residenciales, el 77.53 % son casas individuales (unifamiliares) y el 10.85 % son edificios de apartamentos (multifamiliares). Mientras que el 6.64 % son piezas en cuarterías o parte atrás, el 0.74 % familias viven en barracones y el 2.26 % son familias que tienen que vivir junto a sus negocios[27].(Tipología Edificatoria desglosado en el capítulo 2)

(a) Fuente: IX Censo de Población y Vivienda 2010, ONE.



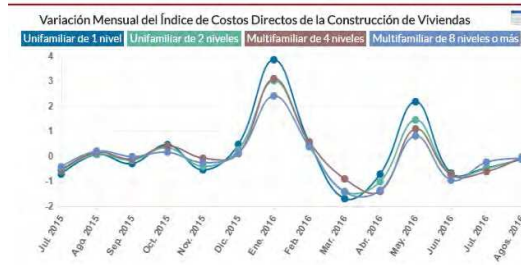
Cuadro 3.1: Porcentaje de viviendas en las zona urbana.

Según los últimos datos estadísticos con los que cuenta el organismo gubernamental ONE, las casas individuales (unifamiliares) y los edificios de apartamentos (multifamiliares), son los tipos de viviendas de mayor representación en el país. Estos dos grandes grupos de edificaciones residenciales, son utilizados en el cálculo del Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas (ICDV). El ICDV es el instrumento estadístico que permite conocer las variaciones mensuales que experimentan los costos (se excluyen los costos indirectos como terreno, diseño, permisos de construcción, costos financieros, beneficios de la empresa constructora, etc.) de la construcción de cuatro tipos de viviendas: unifamiliar de uno y dos

3.2 Casos de Estudio

niveles, y multifamiliar de cuatro y ocho niveles o más, en el Distrito Nacional y en la provincia de Santo Domingo[69].

(a) Fuente: ONE.



Cuadro 3.2: Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas.

Los casos de estudios seleccionados para esta investigación, serán las viviendas unifamiliares de un nivel y las multifamiliares de cuatro niveles. Ambas edificaciones residenciales, estarán construidas bajo los criterios básicos establecidos por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) en su reglamento M:009: Especificaciones Generales para la Construcción de Edificaciones[70]].



3.2.0.1 Características constructivas

Los cerramientos de los modelos de referencia de ambos casos están diseñados con los siguientes elementos constructivos:

- 1) El techo es una cubierta plana con una pendiente aproximada de 0.6 % según el M-009. Resuelta con una losa maciza de hormigón armado (12.6 cm de espesor) revestida con una capa de mortero impermeabilizante en la parte superior exterior y mortero cal-arena en la capa interior. Identificada como: Cubierta de Referencia, CR. (Ver cuadro 3.3).
- 2) Las paredes exteriores y particiones internas están constituidas, por muros de bloques de hormigón de 8" (20 cm) revestido de mortero de cal-arena por ambas caras. Identificado como: Fachada de Referencia, FR. (Cuadro 3.3).

CAP. 3. METODOLOGÍA DE ACTUACIÓN

- 3) El suelo está colocado directamente sobre el terreno. Los pisos están compuestos por una capa de hormigón enlucido y pulido que hace de pavimento.
- 4) Las ventanas de vidrio sencillo de 3 mm de espesor (aunque en la mayor parte de las viviendas son inexistentes) con marco y lamas horizontales de aluminio, separadas cada 10 cm, distribuidas en toda su superficie con un ángulo de inclinación de 0°. Se ha tomado esta solución por ser la más sencilla térmicamente.
- 5) Las puertas exteriores de madera de pino, y las interiores de paneles de madera contrachapada.

MR	Esesor m	Material	λ Conductividad W/m-K	ρ Densidad Kg/m ³	Sección
CR	Exterior				
	0.015	Mortero de Impermeabilización	0.800	1600	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
0.166	Transmitancia W/m ² -K	2.423			
FR	Interior				
	Exterior				
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
	0.203	Bloque de Hormigón 8°	1.040	1841	
0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600		
0.233	Transmitancia W/m ² -K	2.451			

Cuadro 3.3: Cubierta y Fachada del Modelo de Referencia

En los modelos de análisis realizados, solo se ha tenido en cuenta el comportamiento del edificio sin ningún tipo de sistema de refrigeración mecánico, permitiendo la ventilación natural, configurando cada una de las estancias de las viviendas, según la actividad a las que está dedicada y teniendo en cuenta la ocupación y la carga de consumo eléctrico, tanto para iluminación como para los electrodomésticos requeridos.

3.2.1 Unifamiliar de 1 nivel

Para representar la vivienda unifamiliar de un nivel, se seleccionó un diseño tipo de edificación residencial de la ciudad de Santo Domingo. Este modelo de

3.2 Casos de Estudio

referencia construido, cumple con el rango mínimo de metros cuadrados que se establecen en las Recomendaciones Provisionales para Espacios Mínimos en la Vivienda Urbana[71], que van desde 40.41 a 49.65 m² en viviendas de 3 dormitorios para 4-6 personas. La casa tipo de estudio de una plana, consta de 50 m² de superficie habitable, distribuidos en: tres dormitorios, baño, cocina, sala-comedor y una pequeña galería o terraza frontal.

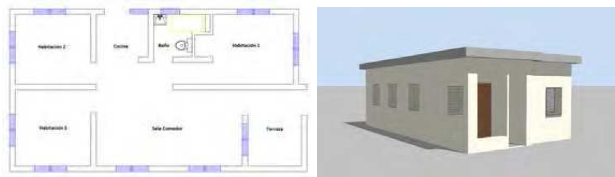


Figura 3.2: Modelo de Referencia de Unifamiliar de 1 nivel

3.2.2 Multifamiliar de 4 niveles

En el caso del edificio de vivienda multifamiliar de 4 niveles, la misma está constituida por 4 apartamentos, uno por nivel, cada apartamento de 145 m² de superficie habitable, distribuidos en: 3 dormitorios de los cuales el dormitorio principal tiene su baño dentro, un baño adicional, cocina, area de lavado, habitación de servicio con un medio baño incluido, sala, comedor y dos terrazas.

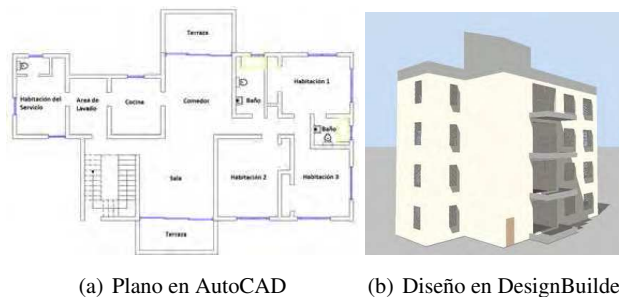


Figura 3.3: Modelo de Referencia de Multifamiliar de 4 niveles

3.3 Metodología: Análisis y Estudios

El modelo de trabajo planteado pretenderá por medio de diversos análisis, el modelizar las viviendas de los dos casos de estudio, lo que permitirá conocer el estado actual de las mismas y evaluar cuales son los puntos en que se podrá optimizar dichas edificaciones.

Entre los análisis que se plantean están:

- El análisis de la Orientación
- El análisis de la Envoltente
- El análisis de elementos de Sombreamiento

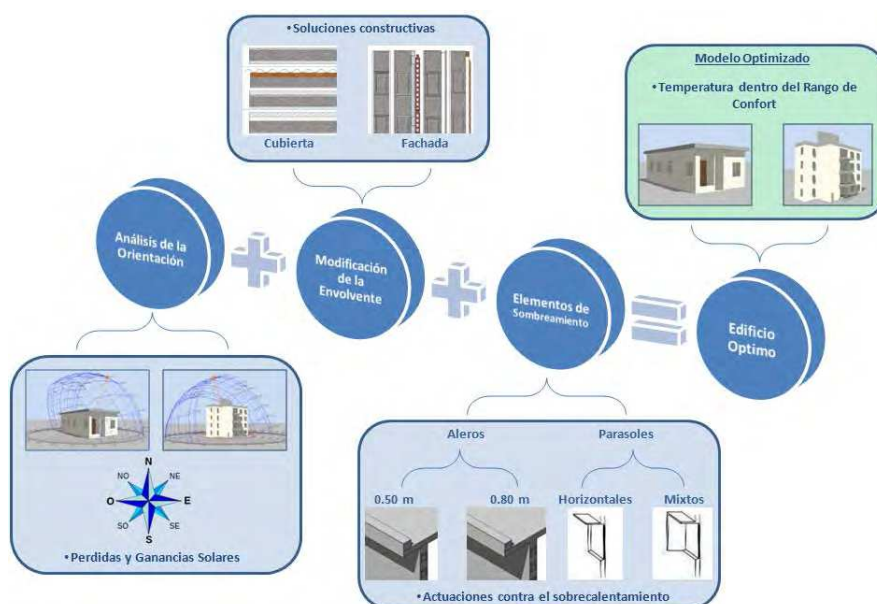
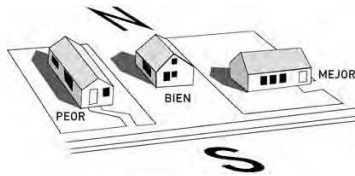


Figura 3.4: Estructura planteada para la Metodología.

3.3 Metodología: Análisis y Estudios

3.3.1 Orientación de la Edificación

Controlando mejor las ganancias solares que se consiguen a través de las paredes y las aberturas en las edificaciones, se puede incrementar el ahorro de energético, con solo proporcionar al edificio una orientación más favorable y adecuada respecto al sol.



(a) Fuente: Medidas pasiva, Ayreblog.

Figura 3.5: Efectos de la Orientación de los edificios.

La orientación de las viviendas afecta directamente en el confort y la conservación de la energía térmica del edificio, es por ello, que es importante analizar la radiación solar y también calcular la mejor posición relativa del edificio en base al calor solar absorbido en el periodo de sobrecalentamiento[72]. La exploración de los efectos de la orientación y forma de construcción, permite evitar o limitar la inclusión de climatización artificial, lo que implica menos gastos de funcionamiento[73]. El modelo planteado analiza los efectos de las sombras producidas por el sol, de modo que permite calcular la absorción de energía solar en los cerramientos y ventanas, en cada una de las ocho orientaciones principales estudiadas[74].



(a) Fuente: Revista Ambientum.

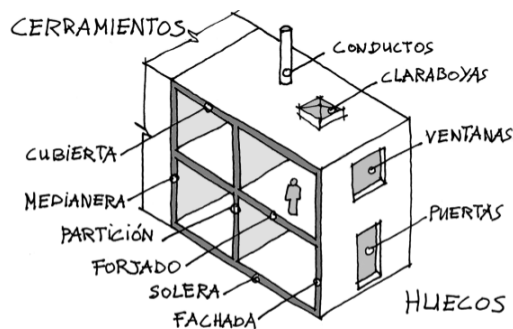
Figura 3.6: Esquema de Ganancia de Calor Solar.

El control de ganancia de calor solar directa dependiente de las estaciones climáticas, tiene relevancia en el uso de la energía, aumentando ó disminuyendo su demanda en refrigeración. Es por ello que las proyecciones solares son de elevada importancia en temas de ahorro energético, y un punto clave en el estudio del impacto de la orientación en la temperatura interna del edificio.

El análisis para conseguir la mejor orientación de los casos de estudio, se ha ejecutado en la semana más desfavorable del año, en la época de verano (desde el 11 de Junio al 17 de Junio), en cada una de las ocho (8) orientaciones estudiadas, las cuatro orientaciones principales (N, S, E y O) y cuatro orientaciones adicionales (SE, NE, SO y NO).

3.3.2 Modificación de la Envolvente

Se sabe que las aportaciones energéticas exteriores cuestan mucho, ya que la energía necesaria es suministrada por recursos no renovables como el gas, el petróleo, y la electricidad, y como resultado contaminan el ambiente. En consecuencia, es necesario asegurar la comodidad térmica, pero construyendo edificios que requieran el mínimo de aportaciones energéticas exteriores. Teniendo en cuenta que la comodidad térmica de un edificio viene dada principalmente por el tipo de cerramientos que lo componen, este análisis se enfocará en ellos.

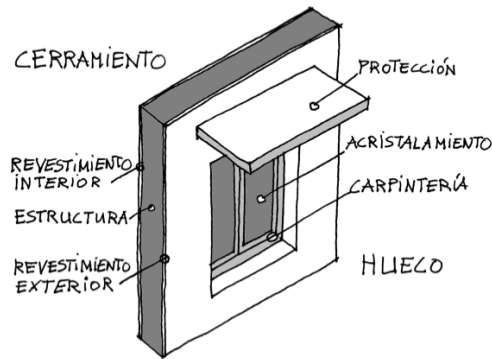


(a) Fuente: Manual de Diseño ICARO

Figura 3.7: Cerramientos y Huecos.

3.3 Metodología: Análisis y Estudios

La necesidad de reducir las demandas internas del sector residencial son esfuerzos que la construcción de edificios sostenibles debe subsanar, pero para ello, es obligatorio contar con nuevos conocimientos técnicos junto con el desarrollo de nuevos materiales, tecnologías y sistemas constructivos[75]. Se plantean varias alternativas de mejora para los sistemas constructivos de cubierta y de fachadas, utilizando materiales locales y aislantes térmicos, así como la incorporación de nuevas capas a las soluciones constructivas tradicionales, que permitan reducir la pérdida ó ganancia de calor.



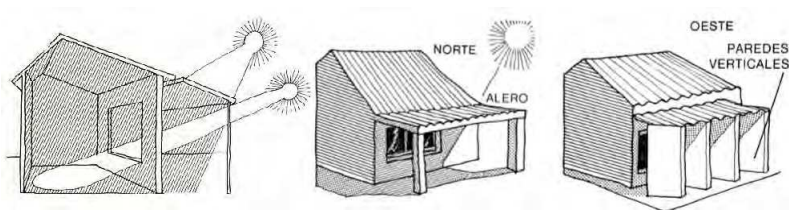
(a) Fuente: Manual de Diseño ICARO

Figura 3.8: Partes del cerramiento.

Las diferentes alternativas de soluciones constructivas planteadas para modificar los cerramientos, actúan de forma separada sobre la cubierta y las fachadas, y también de forma simultánea. En algunas soluciones, se han mantenido las mismas capas de la resolución constructiva tradicional, modificando los materiales utilizados en el revestimiento por otros con mejores prestaciones, sin alterar las técnicas constructivas presentes en el país. También se han planteado otras alternativas de mejora, que sugieren añadir capas adicionales a la solución constructiva existente, de un material con una conductividad térmica más baja, de forma que aumente el aislamiento del edificio reduciendo la transmitancia térmica del cerramiento.

3.3.3 Elementos de Sombreamiento

El análisis de distintos elementos de sombreado, es ejecutado como medida de actuación frente al sobrecalentamiento de las superficies y aberturas en el cerramiento que transmiten al interior de la vivienda la radiación solar.



(a) Fuente: Conservación de Energía en Viviendas y Edificios: R. Fernández, A. Carella

Figura 3.9: Efectos de la protección solar.

Como las condiciones climáticas de Santo Domingo, durante casi todo el año, son especialmente calurosas, es necesario proporcionar a las edificaciones la sombra adecuada para la protección contra la radiación solar directa. Una sencilla medida de protección pasiva a utilizar para estos fines es la creación de aleros en los tejados que se proyecten más allá de las paredes del edificio, al igual que la instalación de parasoles laterales y/o horizontales, los cuales sirven como elementos de sombreado tanto para las paredes como para las aberturas presentes en las mismas.

3.4 Herramientas informáticas utilizadas en el desarrollo de la metodología

3.4 Herramientas informáticas utilizadas en el desarrollo de la metodología

Esta investigación se lleva a cabo con la ayuda del software de simulación energética de edificios DesignBuilder[32], el cual cuenta con el motor de cálculo EnergyPlus®[33], utilizado en estudios de modelización energética y en análisis de comportamiento ambiental[76], [77], [78], [79], así como en análisis de la eficiencia de la ventilación natural y la influencia en el funcionamiento de las aberturas[34], al igual que en el cálculo del índice de confort térmico y de las cargas de iluminación del interior del edificio [35], [36].

3.4.1 EnergyPlus® Simulation Software

Se trata de un programa gratuito de análisis de la energía y de simulación de las cargas térmicas en los edificios. Posee un potente motor de cálculo sumamente completo y complejo, reconocido a nivel mundial y en continuo desarrollo por el Departamento de Energía de los EEUU (DOE, por sus siglas en inglés).

Su complejidad radica en la entrada de datos, es por ello que ha sido pensado para que se desarrollen entorno al mismo, aplicaciones gráficas y manejables que aprovechen su potencia de cálculo, las cuales en su mayoría son de pago, como son: DesignBuilder, Ecotect Analysis, CypeCad, Simergy, entre otras.

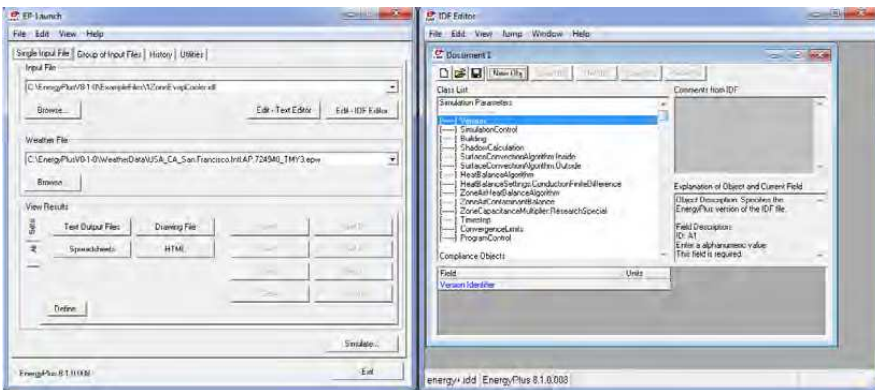


Figura 3.10: Vistas del Software EnergyPlus.

Dentro de las muchas funciones de simulación que posee, están las de:

- Archivos climáticos basado en texto ASCII, de entrada y de salida que incluyen las condiciones ambientales por hora o sub-hora.
- Técnica de solución basada en el balance de calor de las cargas térmicas que permiten el cálculo simultáneo de efectos radiantes y convectivas, tanto en la superficie interior y exterior durante cada paso de tiempo.
- Conducción de calor transitoria a través de elementos de construcción, tales como paredes, techos, pisos, etc que utilizan funciones de transferencia de conducción.
- Mejora de modelado de transferencia de calor del suelo a través de los enlaces a los modelos de tierra de diferencias finitas en tres dimensiones y técnicas de análisis simplificados.
- Modelos de confort térmico basado en la actividad, en el interior del bulbo seco, humedad, etc.

El modelo EnergyPlus aplica un sistema de ecuaciones no lineales para estimar la temperatura interna, lo que permite el cálculo del balance de calor para todo el edificio, y representa la cantidad de calor que debe proporcionarse a través del aire acondicionado sistema para compensar las ganancias y las pérdidas de energía a través de la envolvente[33].

3.4.2 Autodesk® Ecotect Analysis 2011

Ecotect Analysis es un software de pago del grupo Autodesk, desarrollado como interfaz gráfica con motor de cálculo de **EnergyPlus® Simulation Software**. Este es uno de los programas disponibles dentro de las herramientas de diseño en construcción sostenible. Posee diversas alternativas de simulaciones y análisis de funcionamiento energético que permite mejorar el rendimiento de los edificios existentes o el diseño de otros nuevos.

Consta de opciones que permiten utilizar el programa para el[80]:

3.4 Herramientas informáticas utilizadas en el desarrollo de la metodología

- Análisis energético del edificio
- Comportamiento térmico
- Uso del agua y evaluación de costos
- Radiación solar y luz día
- Sombras y reflejos

En el desarrollo de la presente tesis se ha utilizado la herramienta Solar Tool, la cual está integrada en el Ecotect Analysis, generando para la ubicación de estudio:

- a) **El Diagrama Psicrométrico:** Del que se ha obtenido las temperaturas y humedades que conforman la zona de confort para dicha localización.
- b) **El Diagrama Estereográfico:** Del que se ha analizado la radiación solar y las sombras proyectadas a las edificaciones de estudio. También, se obtuvo una primera alternativa de referencia de la orientación óptima para los edificios evaluados.

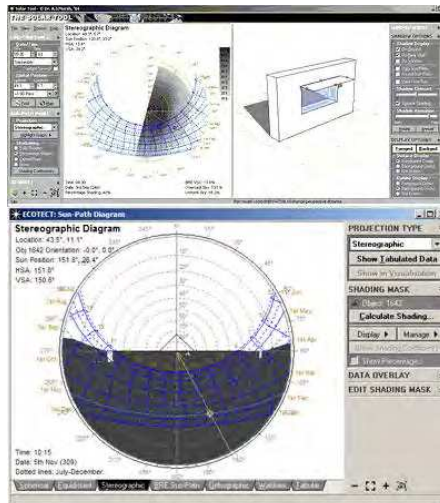


Figura 3.11: Pantallas del Ecotect Analysis: Solar Tool.

3.4.3 DesignBuilder® v4.2.0.057

Herramienta especializada en el análisis ambiental y energético de los edificios, facilitando a su usuarios los complejos procesos de cálculo y simulación[32]. Sus avanzadas prestaciones permiten evaluar aspectos como los niveles de confort, los consumos de energía y las emisiones de CO₂, entre muchos otros usos. Es un sistema concebido para facilitar los procesos de simulación, ofrece diversas herramientas de alto desempeño para el diseño, la consultoría y la certificación energética.



(a) Fuente: Manual de ayuda DesignBuilder, A. Ordóñez

Figura 3.12: Estructura modular de DesignBuilder.

DesignBuilder® v4.2.0.057, es un software de pago y ha sido uno de los programas desarrollados como interfaz gráfica para utilizar el motor de calculo de **EnergyPlus® Simulation Software**.

En el desarrollo de la presente tesis se ha utilizado dicha herramienta, para analizar el estado de confort dentro de las edificaciones, dado por las temperaturas internas y externa (°C); y del consumo energético (kW) de las mismas.

En los resultados de las simulaciones realizadas se obtuvo *la temperatura de bulbo seco del exterior*, la cual mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales como la radiación, la humedad o el movimiento del aire. De igual forma, se obtuvo *la temperatura operativa* como representación de la temperatura

3.4 Herramientas informáticas utilizadas en el desarrollo de la metodología

interior de las viviendas; usada frecuentemente en el análisis del comportamiento térmico de los edificios y en el cálculo de algunos índices de confort, ya que representa de manera más fidedigna la temperatura que realmente percibe una persona en el interior de un recinto.

Dentro de las comparaciones que se plantearon, para determinar las mejoras alcanzadas con las diversas soluciones y modificaciones propuestas, se enfocaron en la evaluación de la temperatura obtenida frente a la zona de confort establecida para el estudio en función del clima del lugar. Esto permite, obtener en porcentajes las mejoras de cada unas de las alternativas estudiadas, para seleccionar la que se ubique dentro de la zona de confort establecida, durante más horas en la semana extrema de verano.

3.5 Conclusiones

En República Dominicana, las temperaturas de sus viviendas alcanzan valores superiores a los considerados dentro del rango de confort térmico, siempre y cuando no se utilicen medios artificiales de control para contrarrestarlos. El objetivo es lograr que las edificaciones residenciales (unifamiliares y multifamiliares) puedan presentar temperaturas internas más cercanas a las temperaturas de confort, considerando un consumo energético nulo en refrigeración y con soluciones constructivas de bajo costo.

La metodología busca presentar los distintos análisis planteados para los casos constructivos más utilizados dentro del mapa edificatorio Dominicano. Con un porcentaje del 77.53 % en casas unifamiliares individuales y un 10.85 % de edificios multifamiliares de apartamentos, los dos casos de estudio planteados representan el 88.38 % del total de viviendas de la Republica Dominicana.

Las características constructivas de los modelos que se estudian se han seleccionado, mediante la última recopilación de datos presentado por la Oficina Nacional de Estadística, en su IX Censo de Población y Vivienda 2010, donde se catalogan todos los materiales con los que son típicamente construidas las edificaciones residenciales en el país. En el caso de las paredes exteriores o fachadas, el uso del bloque de hormigón es el mayor elemento empleado, contando con un 74.52 %. En el caso de los techos o cubiertas, el uso del zinc y el hormigón armado es equilibrado en la zona urbana del país (49.42 % y 49.22 % respectivamente), aunque el uso del zinc en las zonas urbanas va perdiendo terreno ante el hormigón; lo que nos deja con un porcentaje del 40.82 % en todo el territorio nacional.

El primer análisis es el de la búsqueda de la mejor orientación para los casos de estudios planteados en la ubicación propuesta. Dicho análisis se ejecutará para las 4 orientaciones principales (N, S, E y O) y en otras 4 orientaciones adicionales (NE, NO, SE y SO). La importancia de la optima orientación de las viviendas es un factor determinante en la creación de edificios con un alto grado de sostenibilidad energética. Las edificaciones diseñadas bajo el principio de cuánto tiempo y en que épocas del año le incida la luz solar, dependeran en menor medida de las fuentes generadoras de energías.

3.5 Conclusiones

Como segundo análisis, se va a crear un catálogo de alternativas constructivas, tanto para las fachadas como para las cubiertas, modificadas constructivamente, para estimar la reducción de las temperaturas internas de los modelos. Entre dichas soluciones, se utilizan distintos materiales y aislamientos, pero manteniendo en la fachada como capa estructural principal el bloque de hormigón, y en la cubierta, la losa maciza de hormigón armado.

Con la inclusión de elementos de sombreado, se quiere reducir las temperaturas interiores de la edificación, en la medida de que se disminuya la radiación solar absorbida por los huecos y muros del edificio. Se han planteado aleros de diferentes longitudes, y parasoles horizontales y verticales, como protectores que permiten un mejor acondicionamiento térmico en la vivienda o edificio. Estos elementos dotan al edificio del sombreado, realizando un bloqueo solar desde la zona exterior de la edificación, protegiendo ventanas y paredes.

Las herramientas informáticas que se utilizaran para el modelado y en la simulación de los casos de estudios, se encuentran los programas Autodesk® Ecotect Analysis y el DesignBuilder®, ambos basados desarrollado como interfaces gráfica para el motor de cálculo del EnergyPlus® Simulation Software. Siendo ambas, herramientas de diseño basadas en los criterios de la construcción sostenible, tienen disponibles simulaciones y análisis de funcionamiento energético que permite mejorar tanto el rendimiento de los nuevos diseños así como el de los edificios existentes.

En definitiva, se busca que estudiando la orientación más favorable y adecuada para los edificios, se controlen las ganancias solares a través de paredes y aberturas. También se plantearan alternativas de mejora para los sistemas constructivos de cubierta y de fachadas, utilizando materiales y aislamiento térmico, que permitan reducir la pérdida ó ganancia de calor. Y por último, se analizarán la inclusión de elementos de sombreado, aleros y parasoles, como medida de actuación frente al sobrecalentamiento del interior de las viviendas. Todo esto, como el objetivo principal de minimizar las temperaturas internas de las viviendas más comunes del país, y reducir su consumo energético en climatización.

La innovación requerida para crear el futuro no vendrá de una sola fuente. No de la ciencia, no de la tecnología, no de los gobiernos, no de los negocios, sino de todos nosotros.

Hannah Jones

CAPÍTULO

4

Aplicación de la Metodología

RESUMEN

Este capítulo desarrolla los métodos y análisis planteados, y brinda los resultados obtenidos de dichos procedimientos. Al analizar las viviendas tradicionales de la República Dominicana (unifamiliares y multiplantas) desde el punto de vista de la orientación más favorable y adecuada para los edificios; la propuesta de alternativas de mejora para los sistemas constructivos de cubierta y de fachadas; y la inclusión de elementos de sombreado, como lo son los aleros y los parasoles, se pretende obtener resultados que optimicen dichas viviendas, con la ayuda de herramientas informáticas, como lo es el DesignBuilder®.

4.1 Introducción

La metodología establecida para desarrollar esta tesis, se enfoca en la simulación de los casos de estudio, utilizando herramientas informáticas, como son: Ecotect Analysis® y DesignBuilder®. Estos programas informáticos permiten determinar, bajo distintos análisis realizados, el comportamiento térmico de las edificaciones estudiadas. Las temperaturas operativas interiores obtenidas en estos análisis, son comparadas con las temperaturas establecidas como rango de confort para la República Dominicana según el *Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*[81] de la ASHRAE¹.

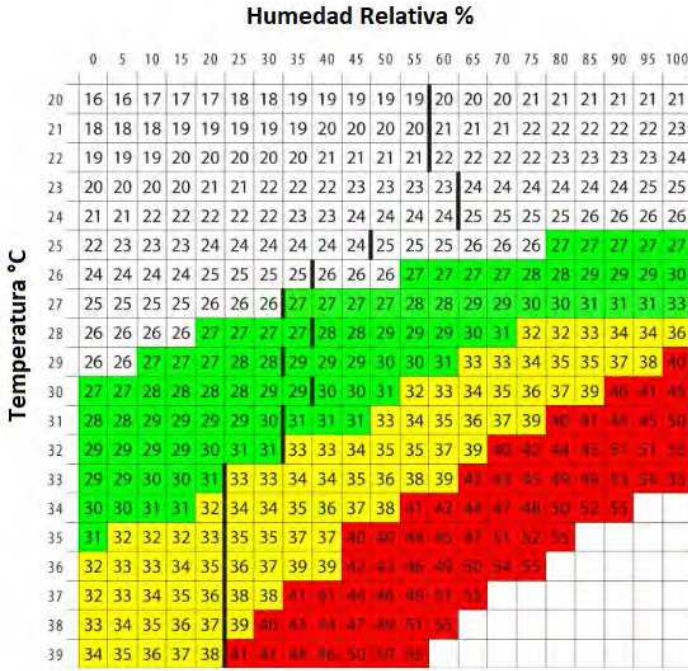
El confort térmico, es la percepción que tienen los usuarios de los edificios, del medio ambiente circundante a través de la piel. Para comprender el comportamiento térmico del cuerpo humano es necesario conocer los aspectos fisiológicos a los que se ve afectado por medio de los factores ambientales del entorno. El cuerpo humano “quema” alimento y genera calor residual, es decir, que por medio de la oxidación de los alimentos genera energía para lograr la autorregulación de mantener su interior a una temperatura entre 35.5°C y 37.5°C bajo cualquier condición climática; este calor tiene que ser disipado y lo hace por medio de conducción, convección, radiación y evaporación[82]. En la medida en que se acerca la temperatura ambiental a la temperatura corporal, el cuerpo ya no puede transmitir calor por falta de un gradiente térmico, y la evapo-transpiración queda como única forma de enfriamiento[83].

El parámetro de sensación térmica, como efecto combinado de calor y la humedad fue desarrollado por R. G. Steadman (EEUU, 1979), a partir de estudios sobre la fisiología humana y sobre la transferencia de calor entre el cuerpo, la vestimenta y el entorno[84]. Es importante destacar que cuando la humedad es elevada en el ambiente, el valor de la sensación térmica excede al de la temperatura del aire. En este caso la sensación térmica cuantifica la dificultad que el organismo encuentra para disipar el calor producido por el metabolismo interno y la incomodidad asociada con una humedad excesiva (Ver cuadro: 4.1.

¹Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Ingenieros de Aire acondicionado

4.1 Introducción

(a) Fuente: R. G. Steadman, Journal of Applied Meteorology.



Cuadro 4.1: Sensación térmica según la humedad del ambiente.

Es lógico que la sensación térmica dependa del nivel de actividad de la persona, y además depende fuertemente de las expectativas de dicha persona[85], [86]. Dentro de los factores que influyen en la disipación de dicho calor están: la temperatura del aire, la humedad relativa del aire, la temperatura radiante, el clima exterior, la estación del año y la hora del día, el soleamiento, la iluminación y la calidad del aire interior, la vestimenta de la persona, entre otros factores ambientales.

Dentro de las funciones principales que tienen las edificaciones está la de proveer a sus usuarios ambientes interiores térmicamente confortables. Es indispensable en el diseño sostenible de edificios, el suplir las necesidades de los seres humanos y las condiciones básicas que definen las condiciones de confort con un mínimo de equipamiento mecánico.

Las recomendaciones y normas pueden diferir bastante en los valores concre-

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

tos para los factores ambientales. Esto se debe a la complejidad de las interacciones entre los diferentes elementos[83]. En esta investigación nos apoyamos en la ASHRAE, la cual define el rango de confort para el caso de estudio de la República Dominicana, de la siguiente manera: un límite inferior de 23.6°C, con un grado de humedad del 64.9 % y un límite superior de 27.7 °C con un 50.8 % de humedad, para un mes típico de Junio [87], [88] como se ha puesto de manifiesto en el diagrama psicrométrico representado en la Figura 4.1.

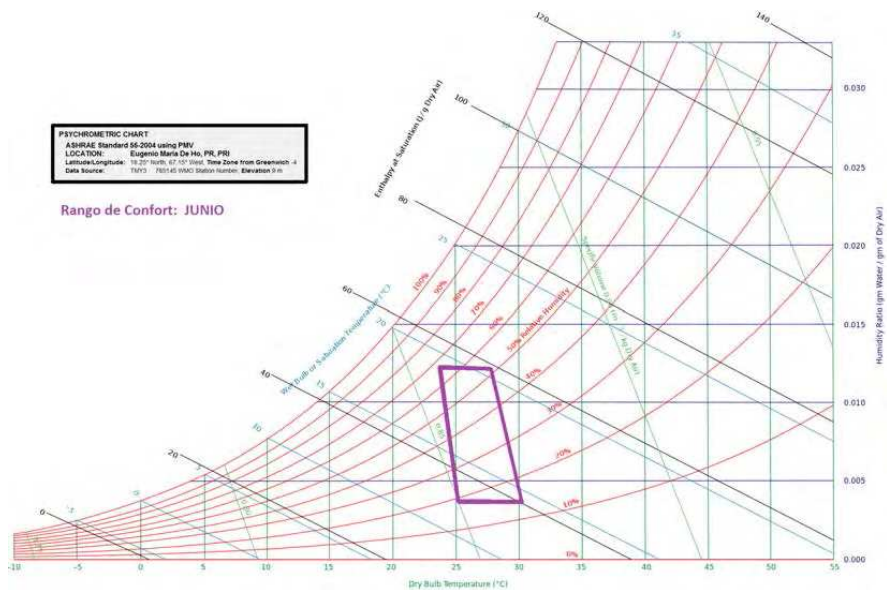


Figura 4.1: Diagrama Psicrométrico del Mes de Junio.

Para establecer cual seria el periodo de evaluación de las viviendas estudiadas, se realizan varios análisis con la ayuda de DesignBuilder®. Dichas simulaciones, se ejecutan para periodos anuales en un prototipo de vivienda típica en una orientación aleatorias. Los resultados obtenidos, muestran según la Figura 4.2, que en Junio es el mes donde se presentan las más altas temperaturas dentro del modelo de referencia.

Con el interés de obtener una apreciación óptima del comportamiento térmico de las viviendas analizadas, se reduce el periodo de estudio a una semana. Ya con

4.1 Introducción

	Aire		Radiante		Operativa		Exterior Bulbo Seco	
	Min °C	Máx °C	Min °C	Máx °C	Min °C	Máx °C	Min °C	Máx °C
Enero	22.72	26.47	23.98	26.76	23.35	26.61	21.97	26.64
Febrero	23.59	25.65	24.06	26.54	23.94	26.10	23.30	25.22
Marzo	24.14	26.18	24.31	26.91	24.33	26.54	23.74	26.23
Abril	23.36	27.18	24.34	27.47	23.85	27.33	22.66	27.23
Mayo	24.36	27.95	25.39	28.59	24.88	28.22	23.59	28.15
Junio	25.63	29.46	26.14	29.89	25.91	29.65	25.34	29.85
Julio	24.83	28.33	25.98	28.74	25.48	28.53	24.42	28.53
Agosto	24.56	28.27	25.60	28.47	25.15	28.37	23.65	28.32
Septiembre	24.79	27.48	25.45	28.33	25.18	27.91	24.40	27.53
Octubre	24.34	27.70	25.17	27.87	24.86	27.78	23.74	27.72
Noviembre	24.05	26.48	24.11	26.98	24.08	26.63	23.78	26.52
Diciembre	23.52	26.02	24.00	26.57	23.76	26.30	23.21	25.90

Figura 4.2: Temperaturas en el transcurso de los meses del año.

el mes de Junio establecido como el más caluroso en Republica Dominicana, desplegamos los resultados en periodos semanales, destacando la semana del 11 Junio al 17 de Junio (Figura 4.3), como la semana donde se registran las temperaturas más altas del año. Este será el periodo de evaluación seleccionado para analizar los casos de estudios propuestos: *Del 11 de Junio al 17 de Junio*[73].

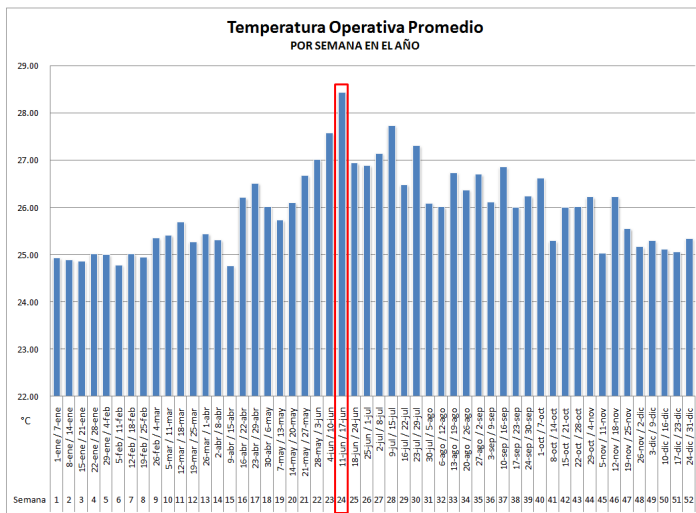


Figura 4.3: Temperatura Operativa Promedio de las semanas del año.

Las posteriores simulaciones realizadas a los casos de estudios, utilizando DesignBuilder, se realizan con los datos climáticos de la ubicación en la que está enfocada la investigación: Republica Dominicana. La estación climática más próxima

y de la que el Departamento de Energía de los Estados Unidos (Desarrolladores del EnergyPlus) disponen como la pertinente para representar la climatología del país de estudio, es la de Puerto Rico, *PRI Mayaguez en Eugenio Maria de Hostos (AP.785145 TMY3)*.

Los resultados obtenidos de estas simulaciones, contienen la temperatura operativa, la temperatura del aire, la temperatura radiante y la temperatura del bulbo seco exterior del lugar.

- **Temperatura del Aire:** Es la temperatura media del aire en la zona.
- **Temperatura Radiante:** Temperatura radiante media (TRM) en el interior de la zona. Según el manual C-9-1a de ICARO, sobre la comodidad térmica, la temperatura radiante media se define como la temperatura uniforme de un local negro imaginario que produzca en la misma pérdida de calor por radiación en las personas como el local real.
- **Temperatura Operativa:** Llamada también, temperatura de confort. Es el promedio de las temperaturas del aire y radiantes interiores.
- **Temperatura del Bulbo Seco Exterior:** Temperatura exterior constante empleada para el cálculo de las demás.

Para realizar las comparaciones y conclusiones en esta tesis, se utiliza *la temperatura operativa* como elemento de control, ya que representa la temperatura de funcionamiento interior más cercana a la realidad y combina en ella las demás temperaturas. La temperatura operativa tiene en cuenta el efecto de la temperatura radiante de la paredes [87], [88] y la temperatura del aire interior. En los análisis, las condiciones exteriores de la zona de estudio están representadas por la temperatura de bulbo seco, manteniendo un valor constante del grado de humedad en 60 % [89], [90].

El estudio del confort térmico en el interior de las casas y su relación con el consumo de energía se ha analizado en la investigación de múltiples trabajos en todo el mundo, los cuales se han tomado de referencia para los análisis y comparaciones de esta tesis. Algunas de dichas investigaciones son: El confort térmico en una casa bioclimática en Venezuela [91], El comportamiento de la temperatura

4.1 Introducción

del verano en Argentina [92], Casas unifamiliares en Porto Alegre, Brasil [93]. El confort y las reglas económicas para la selección de las medidas pasivas para la rehabilitación energética de edificios de viviendas en Cataluña [94]. La vivienda en la región tropical de Douala-Camerún [95], y, finalmente, en el clima tropical de Burkina Faso, África [96], entre otras.

A continuación, se presentan en detalle los resultados obtenidos en los distintos análisis llevados a cabo, en los que obtendremos la orientación óptima, el mejor diseño constructivo para la envolvente, siendo considerado para las cubiertas como para las fachadas y para la acción combinada de ambas soluciones, así como, las mejoras ofrecidas por la utilización de elementos de sombreado.

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

El modelo planteado como vivienda unifamiliar de 1 nivel, detallado en el apartado de los Casos de Estudio en el capítulo 3, contiene la descripción de los tipos de cerramientos y de elementos constructivos utilizados en la edificación analizada, con los datos de las características de los materiales y los espesores frecuentemente utilizados, conforme a los reglamentos oficiales del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de la República Dominicana[70] (Ver Figura: 4.4). La cantidad de viviendas del tipo de esta en el país es el 77.53 % de todas las edificaciones residenciales del país[59].



Figura 4.4: Modelo de Referencia de Vivienda Unifamiliar de 1 nivel

DesignBuilder® v4.2.0.057, como plataforma simuladora de escenarios reales, requiere de datos del entorno original, donde serán localizados los Modelos de Referencia. La información de configuración inicial se ha dividido en dos partes: ubicación y datos de la edificación (Cuadro:4.2). En el apartado de la ubicación, el programa informático requiere información relevante para la escenificación del entorno de la simulación, tales como: la ciudad utilizada. En el caso que nos concierne coincide con ser la capital del país: Santo Domingo, entorno Urbano donde están ubicadas el 74.03 % de las viviendas, del tipo de la utilizada como modelo de referencia en esta investigación. También están aportados los datos de localización mundial del país, Latitud 18.43° y Longitud -69.88°, huso horario -4:00 respecto del meridiano de Greenwich y zona climática 1A: descrita como Muy caliente y húmeda, según la ASHRAE como definición internacional de zonas climáticas.

También, se ha tenido en cuenta para determinar el comportamiento térmico del edificio, el no uso de ningún tipo de sistema de refrigeración mecánico (con objeto de reducir el consumo de energía), simplemente siendo permitida la ventilación

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

Ubicación	Ciudad	Santo Domingo
	Latitud	18.43°
	Longitud	-69.88°
	Zona Horaria	GMT-04:00
	Zona Climática	1A
Edificio	Tipo de Terreno	Urbano
	Actividad	Residencial
	Ocupación	4-5 Personas
	Ventilación	Natural

Cuadro 4.2: Datos de configuración del Modelo en DesignBuilder

natural. El escenario está configurando para cada estancia de la vivienda, según la actividad a las que está dedicada, y teniendo en cuenta también índice de ocupación. Otro dato de sumo interés considerado para la simulación desarrollada, son las cargas aportadas del consumo eléctrico, en iluminación, así como para los equipos electrónicos y electrodomésticos utilizados dentro de la misma.

4.2.1 Estudio de la orientación más favorable

Como dice la arquitecta Maria Perez, en su publicación, titulada: *¿Cómo elegir la mejor orientación de tu vivienda? “El sol tiene un recorrido de este a oeste, pero varía su inclinación dependiendo de la época del año. En invierno estará más bajo y en verano más alto. En verano el sol incide más sobre las fachadas este y oeste, y la fachada sur recibirá mucha menos luz directa. En cambio en invierno, al estar más bajo, la fachada sur recibe casi toda la radiación solar”* [97].



Figura 4.5: Recorrido Solar en el MR.

El control de ganancia de calor solar directa dependiente de las estaciones climáticas, tiene relevancia en el uso de la energía, aumentando ó disminuyendo

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

su demanda en refrigeración. Es por ello que las proyecciones solares son de elevada importancia en temas de ahorro energético, y un punto clave en el estudio del impacto de la orientación en la temperatura interna del edificio.

Para el análisis de la orientación, inicialmente se realiza la simulación del Modelo de Referencia (*MR*) para la semana del 11 de junio al 17 junio, como periodo de evaluación previamente seleccionado, donde se determinaron las temperaturas más cálidas del año. Posteriormente, se realiza con el *MR* en esta semana de referencia de evaluación, las simulaciones para las ocho orientaciones de evaluación (Figura:4.6: N, NE, E, SE, S, SO, O y NO). Obteniendo así, las orientaciones en que las temperaturas internas alcanzan los niveles más bajos y más altos. (Ver Anexo A: Tablas y gráficos del Modelo de Referencia para las diferentes orientaciones (Caso 1))



Figura 4.6: Planos de distribución del MR según la orientación.

El cuadro 4.3 contiene los resultados de las temperaturas operativas, la temperatura exterior y la humedad relativa de cada orientación representativo para todo el edificio de apartamentos. Dividiendo los resultados en promedios, mínimos y máximos en la semana representativa analizada. Las temperaturas operativas van desde 24.44°C hasta 32.28°C. A su vez, las humedades relativas interiores tienen un rango que va desde 59.94 % hasta 89.73 %.

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

Semana	Orientación	Temp. Operativa °C			Humedad Relativa %			Temp. Exterior °C		
		Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.
11 Jun - 17 Jun Sem. Diseño Verano	Sur 0°	28.30	32.31	24.48	76.91	89.32	60.24	28.34	35.46	22.27
	Suroeste 45°	28.28	32.28	24.50	77.06	89.18	60.88	28.34	35.46	22.27
	Oeste 90°	28.25	32.21	24.44	77.22	89.73	61.02	28.34	35.46	22.27
	Noroeste 135°	28.38	32.31	24.51	77.04	89.70	60.57	28.34	35.46	22.27
	Norte 180°	28.35	32.23	24.47	77.08	89.66	59.94	28.34	35.46	22.27
	Noreste 225°	28.32	32.19	24.47	77.18	89.60	60.01	28.34	35.46	22.27
	Este 270°	28.24	32.03	24.44	77.31	89.62	61.31	28.34	35.46	22.27
Sureste 315°	28.31	32.19	24.47	76.88	89.34	60.82	28.34	35.46	22.27	

Cuadro 4.3: Temperaturas y Humedad Relativa de todas las Orientaciones.

En la figura 4.7 se muestra un gráfico radial con los resultados obtenidos de las distintas orientaciones analizadas, en la que se nota que la orientación en que la fachada frontal está al Este - 270°, es en la que las temperaturas operativas internas son más bajas (la más cercana al centro de la gráfica); de igual forma, se aprecia que en la orientación donde la fachada frontal de la vivienda está orientada al Noroeste - 135°, es en la que las temperaturas son más altas (la más lejana al centro de la gráfica radial).

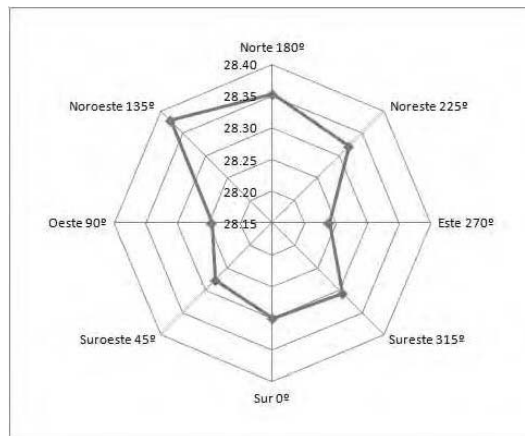


Figura 4.7: Comparación de las Temperaturas Operativas Medias según la orientación.

Concluyendo que, la orientación más favorable resultante de dichas simulaciones es: *Este - 270°*, para el caso de la vivienda unifamiliar de 1 nivel. Esta orientación, es la seleccionada para ejecutar en ella todos los análisis con objeto de mejorar

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

el comportamiento de la temperatura interior de los modelos analizados restantes.

Otra forma de visualizar los resultados obtenidos, se presentan en el cuadro 4.4, donde se recogen los datos para todas las orientaciones en un día tipo de la semana de estudio, representado por marcas y colores. La tendencia de las temperaturas indicadas, muestra que en la orientación Noroeste - 135°: presenta las temperaturas más altas (Equis y rojo). Mientras que, en la orientación donde la fachada principal da al Este - 270°: muestra las temperaturas menores (Cotejo y verde). La diferencia presentada entre la mejor y la peor orientación de la vivienda, no es más que un 0.51 % de mejora. Lo que nos dice, que solo la buena orientación de la edificación no es suficiente, para alcanzar el rango de confort térmico establecido por la ASH-RAE, sin tomar en cuenta los materiales de la vivienda. (Ver Anexo B: Tablas de temperaturas operativas horarias para las diferentes orientaciones (Caso 1))

Fecha/Hora	Temperatura Operativa							
	0º	45º	90º	135º	180º	225º	270º	315º
11 junio 1:00	28.93	28.88	28.78	28.93	28.90	28.84	28.74	28.84
11 junio 2:00	27.90	27.84	27.82	28.01	27.89	27.83	27.73	27.90
11 junio 3:00	27.44	27.39	27.40	27.53	27.45	27.37	27.31	27.46
11 junio 4:00	27.01	26.96	27.01	27.09	27.03	26.94	26.91	27.04
11 junio 5:00	26.57	26.52	26.61	26.63	26.60	26.50	26.50	26.61
11 junio 6:00	26.14	26.10	26.23	26.19	26.18	26.08	26.09	26.19
11 junio 7:00	26.09	26.06	26.16	26.18	26.17	26.09	26.05	26.14
11 junio 8:00	26.87	26.83	26.86	26.99	27.05	27.00	26.93	26.94
11 junio 9:00	27.57	27.49	27.50	27.70	27.79	27.75	27.67	27.68
11 junio 10:00	27.91	27.83	27.83	28.05	28.11	28.11	28.02	28.02
11 junio 11:00	28.17	28.08	28.04	28.30	28.35	28.34	28.27	28.28
11 junio 12:00	28.82	28.77	28.70	28.98	29.01	28.95	28.86	28.90
11 junio 13:00	29.61	29.48	29.46	29.70	29.70	29.63	29.52	29.67
11 junio 14:00	30.35	30.25	30.26	30.45	30.43	30.34	30.26	30.46
11 junio 15:00	31.05	30.88	30.91	31.10	31.00	30.92	30.82	31.05
11 junio 16:00	31.39	31.31	31.35	31.49	31.36	31.25	31.19	31.42
11 junio 17:00	31.75	31.73	31.73	31.87	31.72	31.58	31.48	31.69
11 junio 18:00	31.96	31.93	31.88	32.03	31.93	31.79	31.65	31.86
11 junio 19:00	31.96	31.92	31.84	31.98	31.92	31.81	31.68	31.87
11 junio 20:00	31.72	31.70	31.63	31.75	31.69	31.62	31.54	31.68
11 junio 21:00	31.43	31.43	31.35	31.48	31.41	31.35	31.28	31.40
11 junio 22:00	31.12	31.09	31.01	31.13	31.08	31.03	30.95	31.08
11 junio 23:00	30.60	30.55	30.47	30.55	30.58	30.50	30.41	30.52
12 junio 0:00	30.02	30.01	29.91	29.98	29.99	29.97	29.86	29.95
Temp. Promedio	29.27	29.21	29.20	29.34	29.31	29.23	29.15	29.28

Cuadro 4.4: Resultados de todas las Orientaciones por hora.

En la figura 4.8, se muestra la evolución de las temperaturas para estas dos orientaciones a lo largo de la semana de estudio, mostrándose la mínima mejora

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

obtenida en la modificación de la orientación. Por otro lado, las humedades relativas se mantienen en con valores bastantes similares, manejandose dentro de un rango que va desde el 63 % y por debajo de del 90 %.

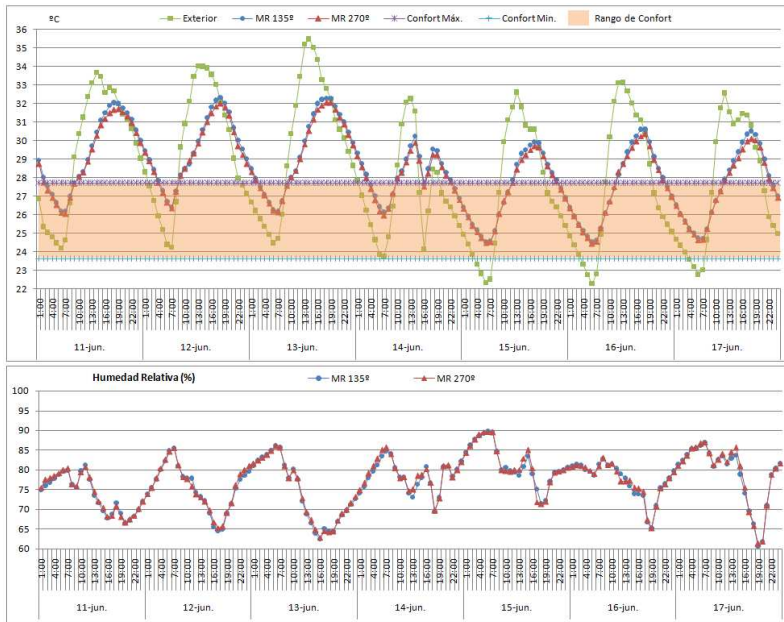


Figura 4.8: Mejor y peor orientación del MR.

Mediante el análisis de la orientación, se cuantificó el calor (kW) que entra a la vivienda desde el exterior por el día [ganancia (+)] y el calor que se pierde en la noche [pérdidas (-)] por medio de los cerramientos (Figure 4.9). Según el valor total de la energía solar perdida (kW) (es decir el calor que sale de la vivienda), la orientación de mayor pérdida es la Noreste - 225° y la de menor pérdida de calor es la orientación en la que la fachada frontal está al Sur - 0°.

Tomando en cuenta ambos análisis, la orientación más adecuada para la vivienda, tanto en el intercambio de calor (kW), como en la proximidad a las temperaturas de confort está al Este (270°).

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

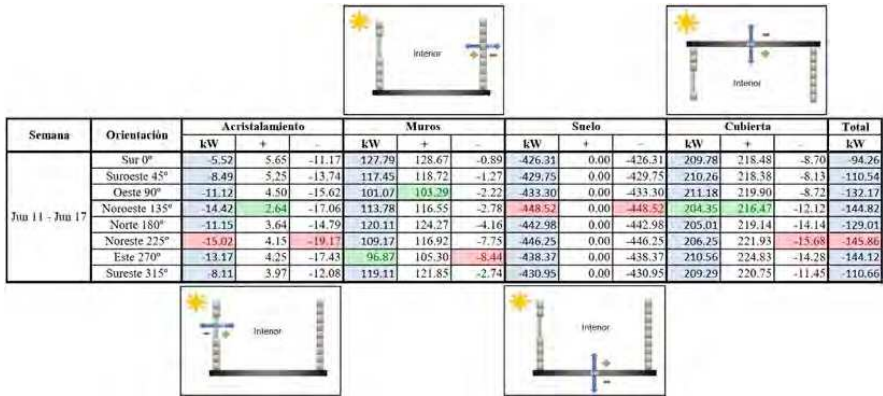


Figura 4.9: Ganacias(+) y Perdidas (-) de Calor en kW del MR.

4.2.2 Análisis de los elementos de sombreado

Como las condiciones climáticas en Santo Domingo, Republica Dominicana, son especialmente calurosas durante casi todo el año, es necesario proporcionar a las edificaciones la sombra adecuada para la protección contra la radiación solar directa. Una sencilla medida de protección pasiva tradicional en el país, es la de utilizar para estos fines, la creación de aleros en los tejados que se proyecten más allá de las paredes del edificio, sirviendo como elementos de sombreado tanto para las paredes como para las aberturas presentes en las mismas. En este análisis se evalúan y comparan tres dimensiones distintas fuera del contorno del edificio, 0.30 m (que es la mas común, frente a las de 0.50 m y 0.80 m, representada en la figura 4.10).

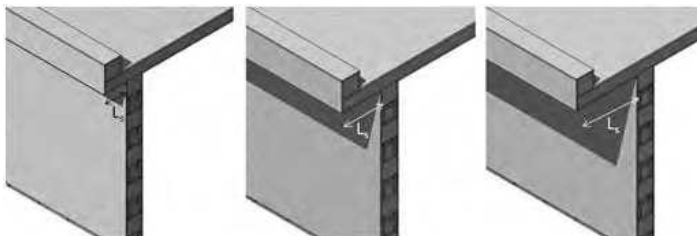


Figura 4.10: Longitudes de Aleros de Sombreado para el MR.

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

4.2.2.1 Aleros

Para mostrar las ventajas de aleros en el Modelo de Referencia, se utiliza la orientación de fachada principal en dirección Este - 270°, ya que ha sido la resultante en el análisis anterior para la obtención de la orientación óptima.

Los resultados del análisis de sombreado, demuestran que la inclusión de los aleros reduce ligeramente la temperatura interior con un promedio de diferencia con respecto al alero de referencia 0.30m en 0.16 % en relación al de 0.50m y en 0.29 % frente al de 0.80m (Figura 4.5).

	°C	%
MR-30 cm	28.24	-
MR-50 cm	28.19	0.16
MR-80 cm	28.16	0.29

Cuadro 4.5: Temperaturas Operativa Promedio y su porcentaje de mejora.

En cuanto a las ganancias y pérdidas de calor, el modelo con longitud de alero mayor (0.80m) presenta una menor ganancia de energía solar a través los muros de 91.95 kW frente a los 96.87 kW que se ganan con el menor de los aleros (0.30m), ya que la sombra proyectada supone una área menor de incidencia directa de los rayos solares (Figura 4.6).

	Energía Solares en Muros		
	kW	+	-
MR 30 cm	96.87	109.36	-25.67
MR 50 cm	92.36	105.05	-24.57
MR 80 cm	91.95	104.66	-22.91

Cuadro 4.6: Energía Solar en Muros: + ganancia y - pérdidas.

En consecuencia, podemos decir que la integración de esta técnica arquitectónica, permite obtener ligeras mejoras en el confort del ambiente interior, según queda constancia en las gráficas de la figura 4.11, por medio de la reducción de las temperaturas internas y el aumento de las humedades relativas. Aunque elevando consi-

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

derablemente el precio del elemento constructivo de cubierta, al tener que realizar importantes voladizos en la periferia de la misma.



Figura 4.11: Temperaturas y humedades en un día de muestreo con las diferentes longitudes de Aleros en el MR.

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

4.2.3 Estudio de la envolvente

En la construcción de edificios, las ganancias y las pérdidas de energía que se presentan, se estiman por medio del cálculo de la transmitancia térmica de los cerramientos. Tomando en cuenta la importancia en el ámbito térmico que tiene la envolvente del edificio, es un punto de análisis en esta investigación para alcanzar el confort térmico interior de las edificaciones en clima tropical. El paso a seguir en este estudio es la modificación de la composición constructiva de dicha envolvente, tanto en cubierta como en fachada. Para ello se han planteado varias alternativas de soluciones constructivas de cerramientos, actuando de forma separada sobre la cubierta, las fachadas y también de forma simultánea, combinando la modificación de cubierta-fachadas.

En algunas soluciones, se han mantenido las mismas capas de la resolución constructiva tradicional, alterando únicamente los materiales utilizados en el revestimiento, por otros con mejores prestaciones, sin alterar las técnicas constructivas presentes en el país. También se han planteado otras alternativas de mejora, que sugieren añadir capas adicionales a la solución constructiva existente, de materiales con una conductividad térmica más baja, de forma que aumente el aislamiento del edificio reduciendo la transmitancia térmica del cerramiento.

El modelo base desde el cual iniciamos todos los análisis y el que se tomará como marco para las comparativas es el modelo de referencia (MR), el cual está compuesto por 62.89 m² de superficie total de cubierta, 91.90 m² de área de muros de fachada, y 22.7 m² de huecos de ventanas (sobre las cuales no se actúa en esta investigación, permaneciendo las ventanas salomónicas tipo AA tradicionales).

Las superficies del MR nos indican, que a la hora de mejorar, es evidente que sería más económico el trabajar en la cubierta, por tener una superficie menor y también, porque es donde el sol incide prácticamente perpendicular a dicha área todo el año. Las temperaturas operativas internas obtenidas en cada uno de los modelos propuestos, simulados en la semana (168 horas) de diseño de más desfavorable (11 Junio - 17 Junio) y para una orientación Este 270° de su fachada frontal, se comparan con el rango de temperaturas de confort según la ASHRAE (23.6°- 27.7°) para la ubicación de estudio con respecto a MR, calculando el número de horas en que la vivienda se encuentra en confort y desconfort térmico.

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

4.2.3.1 Cubierta para la vivienda unifamiliar

Para la cubierta, resuelta predominantemente con una losa maciza de hormigón armado, se presentan ocho (8) soluciones alternativas, cuatro soluciones principales (C1, C2, C3 y C4), y cuatro soluciones donde se reemplaza una capa de la solución con un material distinto a la solución principal, las cuales se han definido como: (C1b, C2b, C3b y C4b). Las ocho alternativas de solución de cubierta están desarrolladas en detalle según sus materiales y características en los cuadros 4.7 y 4.9. Se debe tener en cuenta, que en estas simulaciones solo será modificado el cerramiento de cubierta. El cerramiento de las fachadas seguirá siendo fachada del modelo de referencia: FR (Ver el cuadro 3.3).

	Esesor m	Material	λ Conductividad W/m ² -K	ρ Densidad Kg/m ³	Sección
C1	Exterior				
	0.025	Mortero de Impermeabilización	0.800	1600	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
	Interior				
0.171	Transmitancia W/m ² -K	1.411			
C1b	Exterior				
	0.025	Mortero de Impermeabilización	0.800	1600	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.040	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
	Interior				
0.191	Transmitancia W/m ² -K	0.974			
C2	Exterior				
	0.060	Fibrocemento (Asbesto)	0.600	1920	
	0.050	Cámara de Aire*	-	-	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
Interior					
0.251	Transmitancia W/m ² -K	1.446			
* Resistencia térmica de 0.210 m ² -K/W					
C2b	Exterior				
	0.060	Fibrocemento (Asbesto)	0.600	1920	
	0.050	Cámara de Aire*	-	-	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
Interior					
0.256	Transmitancia W/m ² -K	1.013			
* Resistencia térmica de 0.210 m ² -K/W					

Cuadro 4.7: Primera parte de Cubiertas Modificadas

En el cuadro 4.8, se detallan todos los resultados obtenidos en cuatro categorías: A) en función de las 168 horas de la semana de estudio, B) en función del porcentaje

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

de confort térmico obtenido, C) en función de la transmitancia térmica resultante en el cerramiento y D) en función del coste de implementación de la alternativa constructiva en el presupuesto de la vivienda, los cuales se resumen a continuación:

		Horas	MR	C1-FR	C1b-FR	C2-FR	C2b-FR	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR
A (168 Hrs.)	Confort	66	80	85	79	85	74	81	100	96	
	Disconfort	102	88	83	89	83	94	87	68	72	
	Ganancias		14	19	13	19	8	15	34	30	
		Confort	MR	C1-FR	C1b	C2-FR	C2b-FR	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR
B (%)	Mejora		8.33%	11.31%	7.74%	11.31%	4.76%	8.93%	20.24%	17.86%	
	Total	39.29%	47.62%	50.60%	47.02%	50.60%	44.05%	48.21%	59.52%	57.14%	
		Transmitancia	MR	C1-FR	C1b-FR	C2-FR	C2b	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR
C (W/m ² K)	CR	2.423	1.411	0.974	1.446	1.013	1.813	1.18	0.565	0.484	
	FR	2.451									
	Mejora (%)		41.77%	59.80%	40.32%	58.19%	25.18%	51.30%	76.68%	80.02%	
		Coste	MR	C1-FR	C1b	C2-FR	C2b-FR	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR
D (%)	Incremento		1.99%	3.23%	1.55%	3.54%	0.71%	2.71%	-1.02%	0.97%	

Cuadro 4.8: Resultados de las Simulaciones de las Soluciones de Cubiertas

- **C1-FR:** En esta primera alternativa, la idea es la de sustituir el mortero interior de Cal-Arena de la cubierta por un mortero de baja conductividad, aplicándose un espesor de dos (2) cm, lo cual mejora la transmitancia térmica del cerramiento en un 41.77 % respecto de la Cubierta de Referencia (CR). Con esta simple modificación se alcanza un 8.33 % de incremento del confort térmico dentro de la vivienda, lo que se describe como 14 horas de ganancias en horas de confort. Por otro lado, la implementación de esta alternativa genera un incremento en el presupuesto de la vivienda de 1.99 %.
- **C1b-FR:** Esta solución es similar a la anterior, donde se sustituye el mortero interior de Cal-Arena de la cubierta, por un mortero de resistencia térmica mejorada, aunque en este caso el espesor es de cuatro (4) cm. Lo que genera una mejora en la transmitancia térmica de la cubierta en un 59.80 % con respecto a la cubierta de referencia (CR). En cuanto a la temperatura interior de la vivienda se presenta un aumento de las horas de confort térmico aproximadamente en un 11.31 %, equivalente a 19 horas de confort adicional al MR. En el plano económico, esta alternativa incrementa en 3.23 % el coste total de la vivienda.

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

- *C2-FR*: Esta cubierta varía completamente la forma tradicional de tratar el exterior de la losa de hormigón de la cubierta, colocando una cámara de aire sobre la losa de hormigón y dándole terminación con una placa de fibrocemento, permitiendo reducir la transmitancia en un 40.32 % con respecto a CR. Las horas de confort dentro de la vivienda se ven incrementadas en 13 horas, alcanzando un 6.55 % de confort en relación a la CR. Utilizar esta solución de cubierta aumenta el presupuesto de la vivienda en 1.55 %.
- *C2b-FR*: En esta cubierta se plantea la misma variación que en la cubierta anterior, colocando una cámara de aire sobre la losa de hormigón y dándole terminación con una placa de fibrocemento, y se añade en el interior de la cubierta un mortero de resistencia térmica mejorada, de dos (2) cm en el espesor. Lo que genera una mejora en la transmitancia térmica de la cubierta en un 58.19 % con respecto a la cubierta de referencia (CR). En cuanto a la temperatura interior de la vivienda se presenta un aumento de las horas de confort térmico aproximadamente en un 11.31 %, representando 19 horas adicionales de confort. En el ámbito económico, la alternativa anteriormente expuesta, aumenta el presupuesto total de la vivienda en 3.54 %.

La Figura 4.12, muestra los resultados obtenidos para las primeras cuatro alternativas de cubiertas antes expuestas en términos de confort y al ámbito económico de las soluciones. Por otro lado, las humedades relativas mantienen cierto valor constante, por encima de la humedad relativa del MR, manteniéndose dentro de un rango que va desde el 63 % hasta el 90 %.

- *C3-FR*: Para esta resolución constructiva la modificación a la cubierta ha consistido en agregar cinco (5) cm de grava a la CR, optimizando su resistencia térmica en un 25.18 %. En cuanto a las horas de confort, este tratamiento las aumenta en un 2.98 %, lo que significa un aumento de 8 horas a las alcanzadas en la CR. El coste de la solución incrementa el presupuesto total de la vivienda en 0.71 %.
- *C3b-FR*: Esta alternativa plantea el uso de los cinco (5) cm de grava en el exterior por encima de la capa de impermeabilización de la losa de hormigón, al

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

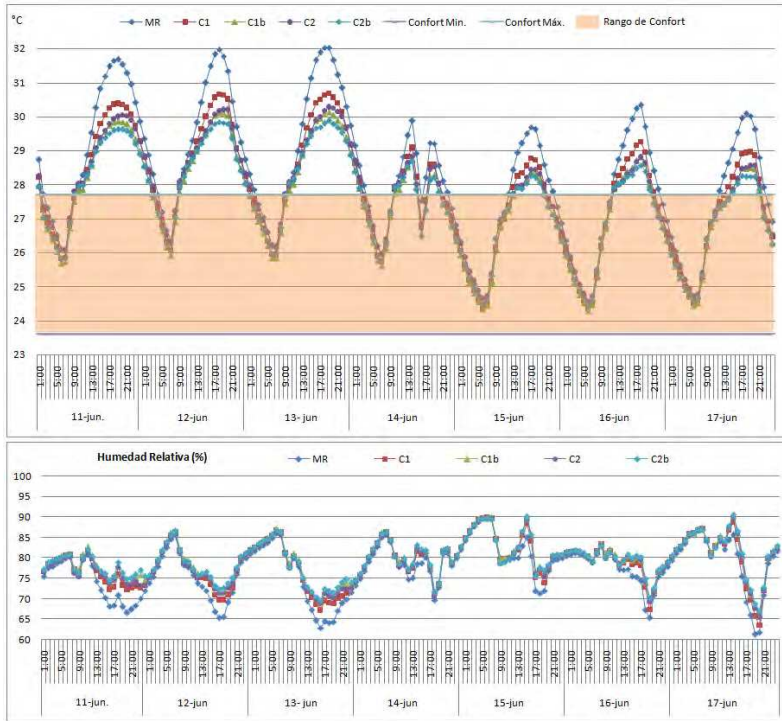






Figura 4.12: Resultados de las Cubiertas: C1, C1b, C2 y C2b

igual que unos dos (2) cm de mortero de baja conductividad. De esto resulta una resistencia termica mejorada en un 51.30 % con respecto a la del CR. En cuanto a confort térmico, se logra alcanzar un 8.93 % de mejora, lograndose 15 horas adicionales a las alcanzadas con el CR. En el plano económico, esta alternativa aumenta en 2.71 % el presupuesto total de la vivienda.

- **C4-FR:** Se han añadido dos capas de material aislante: una capa de grava suelta que queda como terminación exterior de cinco (5) cm de espesor, y otra, igualmente de 5cm de espesor, de poliéstileno expandido situada entre la losa y grava, lo que proporciona una reducción en la transmitancia térmica de la cubierta de un 76.68 % con respecto a la CR. La mejora en relación a temperatura para la semana de diseño más desfavorable o cálida es de un 20.24 % de horas de confort adicionales, representado en 34 horas de ganan-

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

	Esesor m	Material	λ Conductividad W/m·K	ρ Densidad Kg/m ³	Sección
C3	Exterior				
	0.050	Grava suelta	0.360	1840	
	0.025	Mortero de Impermeabilización	0.800	1600	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
Interior					
	0.216	Transmitancia	W/m²·K	1.813	
C3b	Exterior				
	0.050	Grava suelta	0.360	1840	
	0.025	Mortero de Impermeabilización	0.800	1600	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
Interior					
	0.221	Transmitancia	W/m²·K	1.180	
C4	Exterior				
	0.050	Grava suelta	0.360	1840	
	0.050	Polietileno Expandido	0.040	15	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
Interior					
	0.241	Transmitancia	W/m²·K	0.565	
C4b	Exterior				
	0.050	Grava suelta	0.360	1840	
	0.050	Polietileno Expandido	0.040	15	
	0.126	Hormigón Armado	1.400	2100	
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
Interior					
	0.246	Transmitancia	W/m²·K	0.484	

Cuadro 4.9: Segunda parte de Cubiertas Modificadas

cia en confort térmico. Implementar esta alternativa en la construcción de una vivienda, reduce el presupuesto en 1.02 %.

- *C4b-FR*: En esta cubierta se plantea la misma variación que en la cubierta anterior, añadir dos capas de material aislante: una capa de cinco (5) cm de espesor de grava suelta y otra de cinco (5) cm de espesor de poliestileno expandido situada entre la losa y grava, y en la capa interior colocar una capa de mortero de baja conductividad de dos (2) cm de espesor. La transmitancia térmica de la cubierta se ve reducida en un 80.02 % con respecto a la CR. La mejora en cuanto al confort interior es de 30 horas, en relación al alcanzado con la CR, lo que es un 17.86 % de horas de confort adicionales. El presupuesto de la vivienda se ve incrementado en 0.97 %, si se utiliza esta solución

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

de cubierta.

La figura 4.13 presenta las curvas de resultados para el segundo grupo de alternativas de cubiertas: C3, C3b, C4 y C4b, respecto al confort térmico y al ámbito económico de las soluciones. En este grupo de cubiertas, las humedades relativas van aumentando, en la proporción en que bajan las temperaturas operativas de la vivienda, manteniéndose dentro de un rango de valores que va desde el 61 % hasta el 92 %.

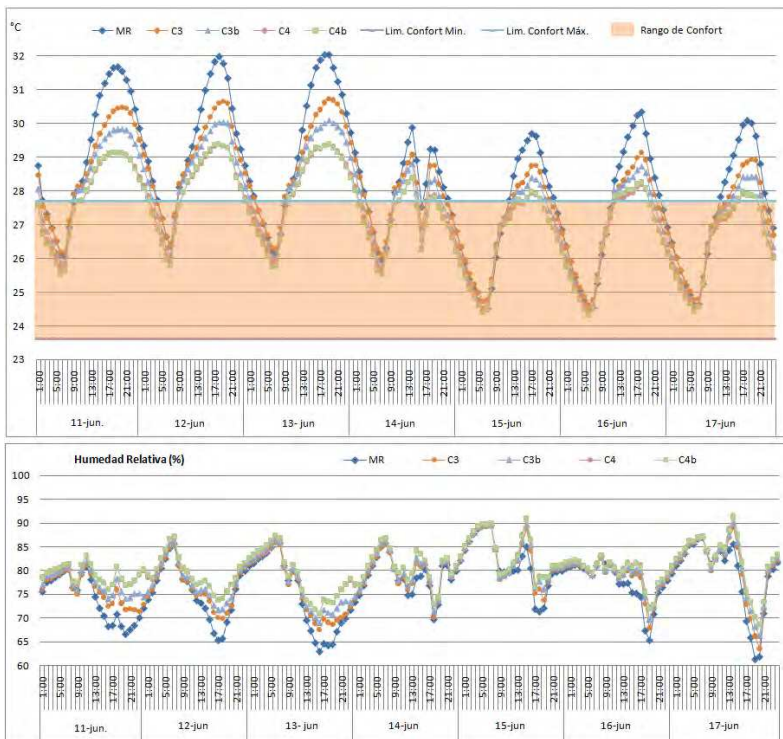


Figura 4.13: Resultados de las Cubiertas: C3, C3b, C4 y C4b

La alternativa de cubierta con la que se alcanza el mayor porcentaje de confort térmico es la solución del modelo C4-FR, en la que se utilizan dos capas de aislamientos, compuesta por cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar y cinco

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

(5) cm de espesor de grava como materiales de aislamiento. Esta solución constructiva incrementa en un 59.52 % el confort térmico total, alcanzando 100 horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación, simplemente al sustituir la CR por la C4.

En la figura 4.14 se muestra las diferencia del comportamiento de la vivienda básica que se ha tomado como punto de partida (MR) y la vivienda donde se ha efectuado el cambio de la CR por la C4. Aquí se puede ver como han reducido significativamente las temperaturas operativas internas de la vivienda, alcanzando un 59.52 % de confort térmico en la C4-FR, del 39.29 % que consigue obtener el MR: CR-FR.

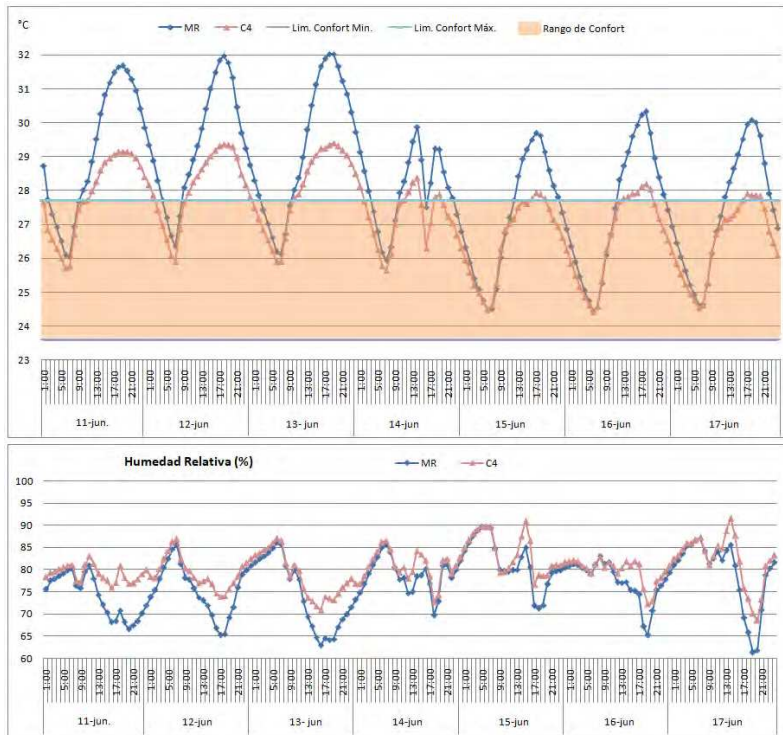


Figura 4.14: Mejor solución de Cubierta: C4

Desde el punto de vista económico, la cubierta C4 también proporciona beneficios, ya que reduce el coste en cubierta en 1.02 % del presupuesto de la vivienda

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

en que se emplee; esto se debe a que el coste del impermeabilizante a base de cemento y Cal-arena es más costoso por metro cuadrado que el utilizar las capas de grava suelta y poliestileno expandido (EPS). En la segunda parte del gráfico 4.14, las humedades relativas del modelo con cubierta C4, posee valores más altos y más constantes que los conseguidos en el MR, los cuales van desde 68.0 % hasta 91.5 % y desde 62.0 % hasta 89.8 %, respectivamente.

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

4.2.3.2 Fachada para la vivienda unifamiliar

El cerramiento tradicional de fachada, se basa en muros portantes que sirve de apoyo a la losa maciza de hormigón armado de cubierta, constituida de bloques de hormigón de 8”(20cm), debidamente armadas con barras de acero, estructura que describe como solución mínima de fachada portante en el MR-009, en las soluciones de fachada.

	Espesor m	Material	λ Conductividad W/m·K	ρ Densidad Kg/m ³	Sección
F1	Exterior				
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
	0.203	Bloque de Hormigón 8"	1.040	1841	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
	Interior				
0.238	Transmitancia W/m ² ·K	1.420			
F1b	Exterior				
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
	0.203	Bloque de Hormigón 8"	1.040	1841	
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
	Interior				
0.243	Transmitancia W/m ² ·K	1.000			
F2	Exterior				
	0.050	Ladrillo Hueco	0.320	770	
	0.050	Cámara de Aire*	-	-	
	0.203	Bloque de Hormigón 8"	1.040	1841	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
Interior					
0.318	Transmitancia W/m ² ·K	1.328			
* Resistencia térmica de 0.210 m ² ·K/W					
F2b	Exterior				
	0.050	Ladrillo Hueco	0.320	770	
	0.050	Cámara de Aire*	-	-	
	0.203	Bloque de Hormigón 8"	1.040	1841	
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
Interior					
0.323	Transmitancia W/m ² ·K	0.953			
* Resistencia térmica de 0.210 m ² ·K/W					

Cuadro 4.10: Primer parte de Fachadas Modificadas: F1, F1b, F2 y F2b

Como alternativa de mejora para las fachadas, se plantea modificar la capa de recubrimiento exterior del cerramiento, tanto en su espesor como en el tipo de material utilizado para la misma. Para ello, se presentan cuatro (4) alternativas principales F1, F2, F3 y F4, y cuatro (4) soluciones adicionales: F1b, F2b, F3b y F4b. Los materiales y características de cada una de las ocho (8) soluciones constructivas planteadas se presentan en los cuadros 4.10 y 4.12. El cerramiento utilizado

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

en la cubierta para todas las alternativas planteadas, seguirá siendo la cubierta del modelo de referencia CR, es decir, que solo se sustituirán las soluciones planteadas por la fachada de referencia FR.

En el cuadro 4.11, se detallan todos los resultados obtenidos en cuatro categorías: A) en función de las 168 Horas de la semana de estudio, B) en función del porcentaje de confort térmico obtenido, C) en función de la transmitancia térmica resultante en el cerramiento y D) en función del coste de implementación de la alternativa constructiva en el presupuesto de la vivienda, los cuales se comentan a continuación:

A (168 Hrs.)	Horas	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	Confort	66	72	74	74	74	77	77	74	74
	Disconfort	102	96	94	94	94	91	91	94	94
	Ganancias		6	8	8	8	11	11	8	8

B (%)	Confort	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	Mejora		3.57%	4.76%	4.76%	4.76%	6.55%	6.55%	4.76%	4.76%
	Total	39.29%	42.86%	44.05%	44.05%	44.05%	45.83%	45.83%	44.05%	44.05%

C (W/m ² K)	Transmitancia	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	CR	2.423								
	FR	2.451	1.42	1	1.328	0.953	0.603	0.512	0.562	0.482
	Mejora (%)		42.06%	59.20%	45.82%	61.12%	75.40%	79.11%	77.07%	80.33%

D (%)	Coste	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	Incremento		3.88%	7.76%	7.46%	11.34%	3.83%	7.71%	4.02%	7.90%

Cuadro 4.11: Resultados de las Fachadas

- *CR-F1*: En esta primera alternativa, la idea es la de sustituir el mortero exterior de Cal-Arena de la fachada por un mortero de baja conductividad, aplicándose un espesor de dos (2) cm, lo cual mejora la transmitancia térmica del cerramiento en un 42.06 % respecto de la Fachada de Referencia (FR). Con esta simple modificación se alcanza un 3.57 % de incremento del confort térmico dentro de la vivienda, lo que se describe como 6 horas de ganancias en horas de confort. Esta solución incrementa el presupuesto total de la vivienda en 3.88 %.
- *CR-F1b*: Esta propuesta sustituye el mortero de Cal-Arena de las capas exterior e interior del muro de bloque, por un mortero de resistencia térmica

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

mejorada, de un espesor dos (2) cm por ambas caras. Esto permite que la transmitancia térmica del cerramiento de fachada presente una mejora del 59.20 % con respecto a FR. En el caso de utilizar esta solución de fachada en el modelo de estudio, los resultados obtenidos en la semana de más desfavorable para verano, en la orientación Este, es de un 4.76 % más de horas de confort, es decir 8 horas de ganancias en relación al FR. Esta alternativa genera un aumento de 7.76 % en el presupuesto total de la vivienda .

- *CR-F2*: En esta fachada, se varía completamente la forma tradicional de tratar el exterior del muro de bloques de hormigón, colocando una cámara de aire entre el muro de bloques y dándole terminación con una capa de ladrillos huecos de 5cm, permitiendo reducir la transmitancia en un 45.82 % con respecto a FR. Con esta modificación se alcanza un 4.76 % de incremento del confort térmico dentro de la vivienda, lo que se describe como 8 horas de ganancias en horas de confort. Económicamente, la implementación de esta solución incrementa el presupuesto de una vivienda en 7.46 %.
- *CR-F2b*: En esta fachada se plantea la misma variación que en la fachada anterior, modificando la forma tradicional de tratar el exterior del muro de bloques de hormigón, colocando una cámara de aire entre el muro de bloques y dándole terminación con una capa de ladrillos huecos de cinco (5) cm, y adicionalmente se agregó una capa interior de dos (2) cm de mortero de baja conductividad, permitiendo reducir la transmitancia en un 61.12 % con respecto a FR. Las horas de confort dentro de la vivienda se ven incrementadas en un 4.76 % o 8 horas en relación a las que proporciona la FR. En el ámbito económico, esta alternativa aumenta el presupuesto del edificio residencial en 11.34 %.

La figura 4.15, presenta las curvas de resultados para el primer grupo de alternativas de fachadas: F1, F1b, F2 y F2b, respecto al confort térmico. Por otro lado, las humedades relativas mantienen cierto valor constante, por encima de la humedad relativa del MR, manteniéndose dentro de un rango que va desde los 61 % hasta los 90 %.

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

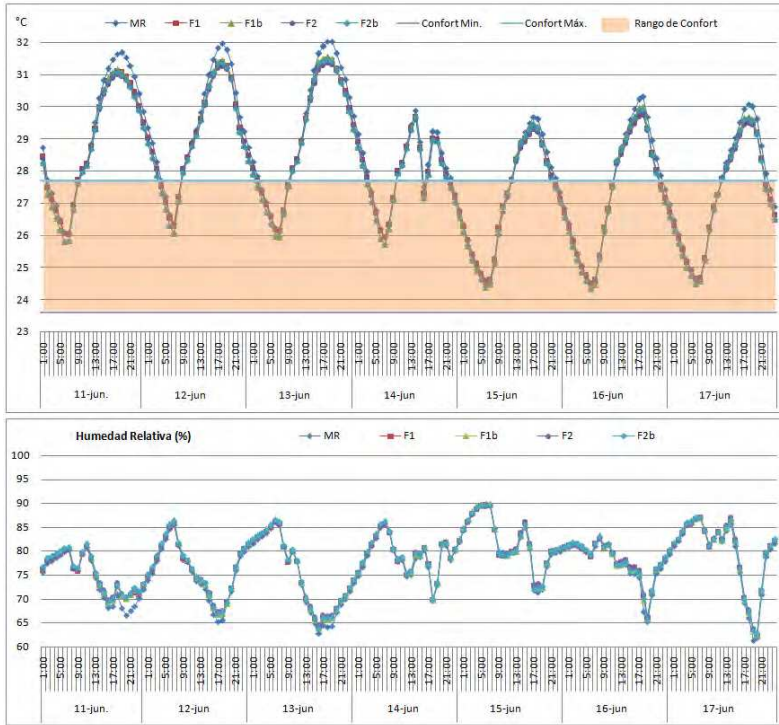


Figura 4.15: Resultados de las Fachadas: F1, F1b, F2 y F2b

- **CR-F3:** La modificación planteada en esta alternativa, es la adición de una capa de aislamiento (5 cm de Poliestireno Expandido) antes de la capa externa final del muro, manteniendo las demás capas iguales. Comparativamente, este diseño permite un 75.40 % de protección frente al calor que entra por los muros, proporcionando una mayor reducción en la transmitancia térmica del cerramiento de fachada. La temperatura interior utilizando esta solución de fachada, presenta un incremento, de 6.55 % o 11 horas de confort en relación al FR. Y desde el punto de vista económico, la solución representa un 3.83 % de aumento en el presupuesto de la edificación original.
- **CR-F3b:** Esta solución es similar a la anterior, adicionando una capa interior de dos (2) cm de mortero de alta resistencia térmica. Lo que permite que se alcance un 79.11 % de mejor de la conductividad del cerramiento. Y en

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

	Espesor m	Material	λ Conductividad W/m-K	ρ Densidad Kg/m ³	Sección
F3	Exterior				
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
	0.050	Polietileno Expandido	0.040	15	
	0.203	Bloque de Hormigón 8"	1.040	1841	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
Interior					
	0.283	Transmitancia W/m²-K	0.603		
F3b	Exterior				
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
	0.050	Polietileno Expandido	0.040	15	
	0.203	Bloque de Hormigón 8"	1.040	1841	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
Interior					
	0.288	Transmitancia W/m²-K	0.512		
F4	Exterior				
	0.020	Madera de Pino 20% humedad	0.140	419	
	0.050	Polietileno Expandido	0.040	15	
	0.203	Bloque de Hormigón 8"	1.040	1841	
	0.015	Mortero de Cal-Arena (Pañete)	0.700	1600	
Interior					
	0.288	Transmitancia W/m²-K	0.562		
F4b	Exterior				
	0.020	Madera de Pino 20% humedad	0.140	419	
	0.050	Polietileno Expandido	0.040	15	
	0.203	Bloque de Hormigón 8"	1.040	1841	
	0.020	Mortero de baja conductividad	0.063	420	
Interior					
	0.293	Transmitancia W/m²-K	0.482		

Cuadro 4.12: Segunda parte de Fachadas Modificadas

función al confort térmico, las mejoras realizadas obtienen 11 horas de ganancias de confort, lo que significa un 6.55 % en la mejora del mismo con respecto al confort de la fachada de referencia. La implementación de esta alternativa constructiva incrementa el coste de la vivienda en 7.71 %.

- *CR-F4:* Las dos capas de material aislante de las que dispondrá esta alternativa son: una capa de cinco (5) cm de poliestireno expandido y una lámina de dos (2)cm de madera de pino, proporciona a la fachada una reducción en la transmitancia térmica de un 77.07 % con respecto a la FR. La mejora en relación a temperatura para la semana de diseño más desfavorables térmicamente es de un 4.76 % de horas de confort adicionales, significando la adición de 8 horas al confort de esa solución. Esta solución aumenta el presupuesto total

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

de la vivienda en 4.02 %.

- *CR-F4b*: En esta alternativa, se plantea de igual forma que la anterior fachada, con dos capas de material aislante en el exterior, adicionalmente se aplica una capa en el interior del muro de dos (2) cm de mortero de baja conductividad. Este tratamiento proporciona a la fachada una reducción en la transmitancia térmica de un 80.33 % con respecto a la FR. La mejora en relación a temperatura para la semana de diseño más cálida es de un 4.76 % de horas de confort adicionales, significando la adición de 8 horas al confort de esa solución. Utilizar esta solución constructiva de fachada genera un coste de 7.90 % superior al coste de la vivienda original.

La figura 4.16, presenta las curvas de resultados para el segundo grupo de alternativas de fachadas: F3, F3b, F4 y F4b, respecto al confort térmico. En este grupo de fachadas, las humedades relativas son similares, con el ligero aumento en la fachada F3, donde las temperaturas operativas de la vivienda son inferiores a las del MR, manteniéndose dentro de un rango de valores que va desde los 61 % hasta los 90 %.

La alternativa de fachada con la que se alcanza el mayor porcentaje de confort térmico al menor coste es la solución del modelo CR-F3, en la que se utiliza una capa de aislamiento, compuesta por cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar, dentro la constitución constructiva tradicional, es decir con uno y medio (1.5) cm de mortero de Cal-Arena en las capas interiores y exteriores del muro. Esta solución constructiva incrementa en un 45.83 % el confort térmico total, alcanzando obtener 77 horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación, simplemente al sustituir la FR por la F3.

En la figura 4.17 se muestra las diferencia del comportamiento del modelo de referencia (MR) tomado como punto de partida en el análisis de los cerramientos, con respecto al modelo donde se utiliza la fachada F3 como cerramiento vertical de la vivienda. Aquí se puede ver como se han reducido significativamente las temperaturas operativas internas de la vivienda, alcanzando un 45.83 % de confort térmico en la CR-F3, del 39.29 % que consigue obtener el MR: CR-FR. La utilización de la fachada F3, representa un incremento del coste del presupuesto general de la vivienda de 3.83 %. En la segunda parte del gráfico 4.17, las humedades relativas del

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

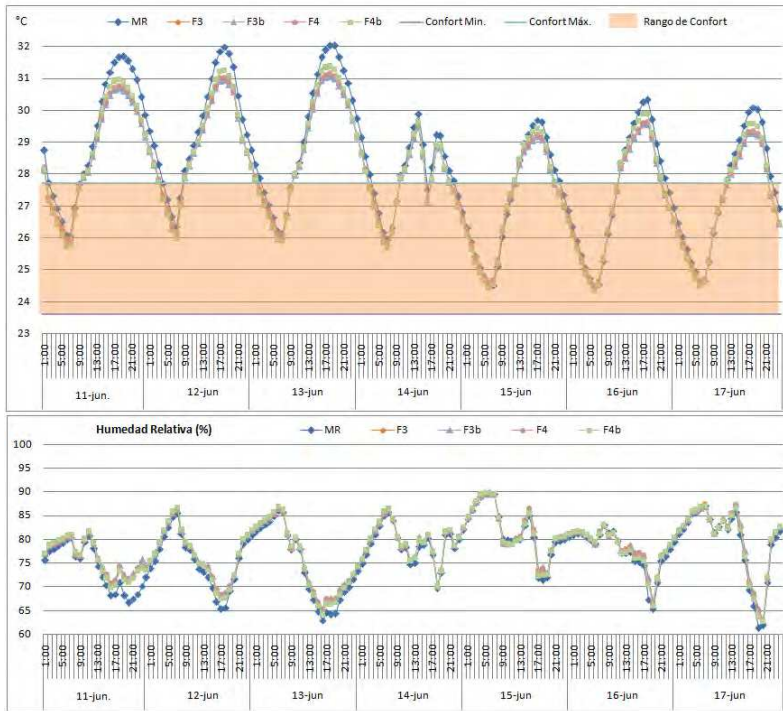


Figura 4.16: Resultados de las Fachadas: F3, F3b, F4 y F4b

modelo con fachada F3 posee valores ligeramente mas altos que los conseguidos en el MR, los cuales van desde 63.0 % hasta 89.9 % y desde 61.0 % hasta 89.9 %, respectivamente.

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

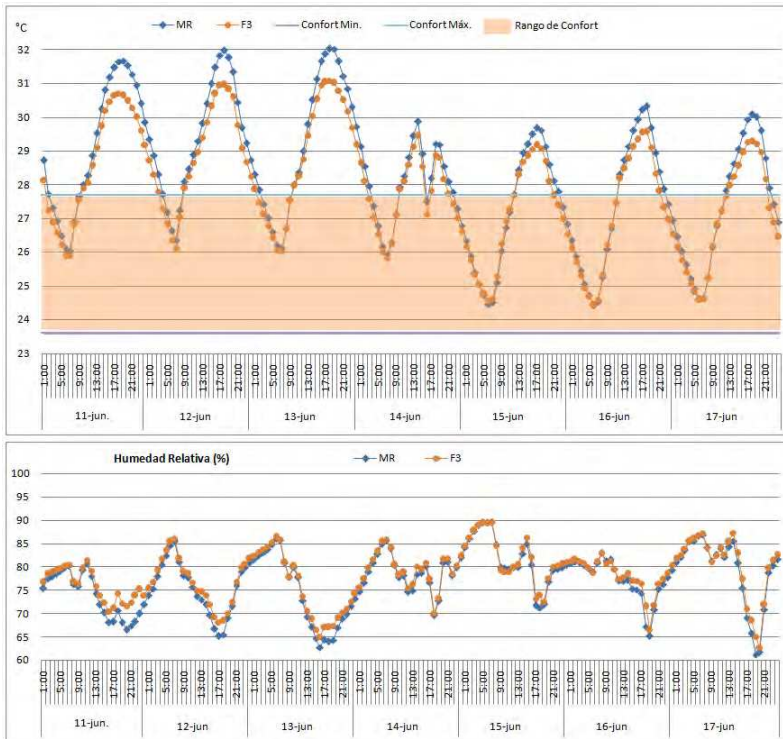


Figura 4.17: Mejor solución de Fachada: F3

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

4.2.3.3 Combinada Cubierta + Fachada para la vivienda unifamiliar

Tras realizar las anteriores simulaciones, se plantea hacer una solución que combine las mejores alternativas obtenidas en los estudios de cubiertas y fachadas desde el punto de vista del confort. De esta forma, se quiere observar como la combinación de ambas soluciones, mejora las condiciones de confort en el interior de la vivienda. De acuerdo a este planteamiento se genera el modelo: Cubierta 4 y Fachada 3 (C4-F3), para ser comparado con el modelo de referencia MR: CR-FR.

		Horas	MR	C4-F3
A (168 Hrs.)	Confort	66	158	
	Disconfort	102	10	
	Ganancias			92

		Confort	MR	C4-F3
B (%)	Mejora			54.76%
	Total	39.29%	94.05%	

		Transmitancia	MR	C4-F3
C (W/m ² K)	CR	2.423	0.565	
	FR	2.451	0.603	
	Mejora (%)	C4		76.68%
		F3		75.40%

		Coste	MR	C4-F3
D (%)	Incremento			2.81%

Cuadro 4.13: Resultados de la Combinación de Cubierta y Fachada: C4-F3

La solución C4-F3 se corresponde con el uso de dos capas en la fachada exterior del muro (dos (2) cm de mortero de cal-arena y cinco (5) cm de poliestireno expandido estandar), así como en la parte exterior de la cubierta (capa de cinco (5) cm de grava suelta y 5 cm de poliestireno expandido estandar).

Para la semana de estudio más cálida (11 Junio - 17 Junio), la solución se acerca mucho más a los estándares de confort, teniendo una mejora en cuanto a horas de confort de 54.76 %, permitiendo que las temperaturas operativas estén dentro del rango de confort en un 94.05 %, es decir, 158 horas del tiempo total del análisis (168 horas), tal y como se muestran en la figura 4.18. Esta mejora en las temperaturas internas de la vivienda, representa en el ámbito económico un aumento de los costes totales de 2.81 %. En este caso, la segunda parte del gráfico presenta una alta

4.2 Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel

variación de las humedades relativas. Confirmando que al reducir las temperaturas interiores de la vivienda por medio de la modificación de sus cerramientos (C4-F3), los valores de la humedad relativa se ven incrementados, los cuales van desde el 74 % hasta 95 %. Dejando las humedades relativas del MR con un rango de valores de 61 % a 89 %.

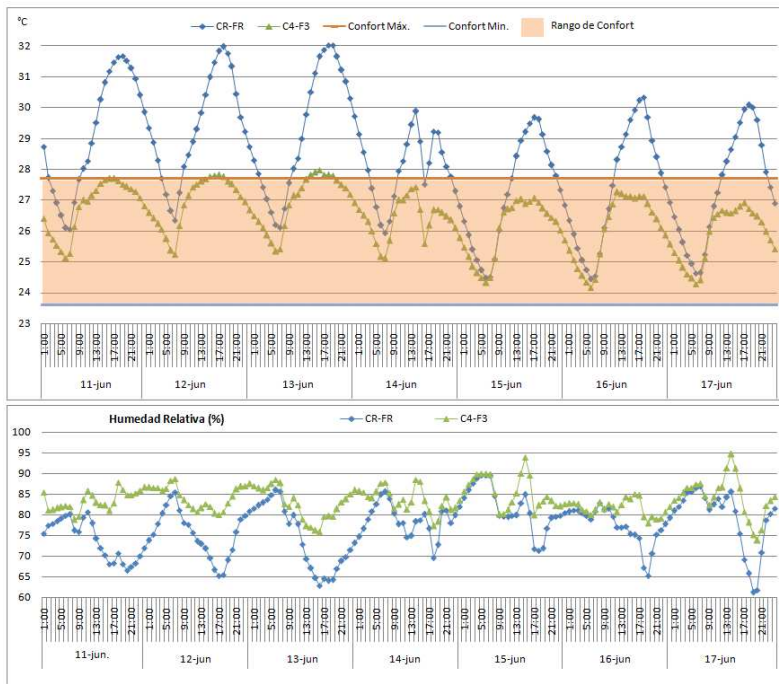


Figura 4.18: Mejor Combinación de Cubierta y Fachada: C4-F3 para la semana más calida

Esta alternativa constructiva, es también valida para la época más fría del año en el República Dominicana, según nos muestra la figura 4.19. En la semana donde la temperaturas son las más bajas (15 Enero - 21 Enero), se obtiene casi un 100 % de confort dentro de la vivienda, solamente saliendo del rango establecido por la ASHRAE, a valores por debajo del límite mínimo de confort, que para una zona climática tropical, es aceptable. En la situación de la semana representativa más fría, las humedades relativas se ven incrementadas en el modelo C4-F3 (de 56 % a

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

95 %), pero manteniéndose entorno a las humedades relativas obtenidas por el MR (de 54 % a 94 %).

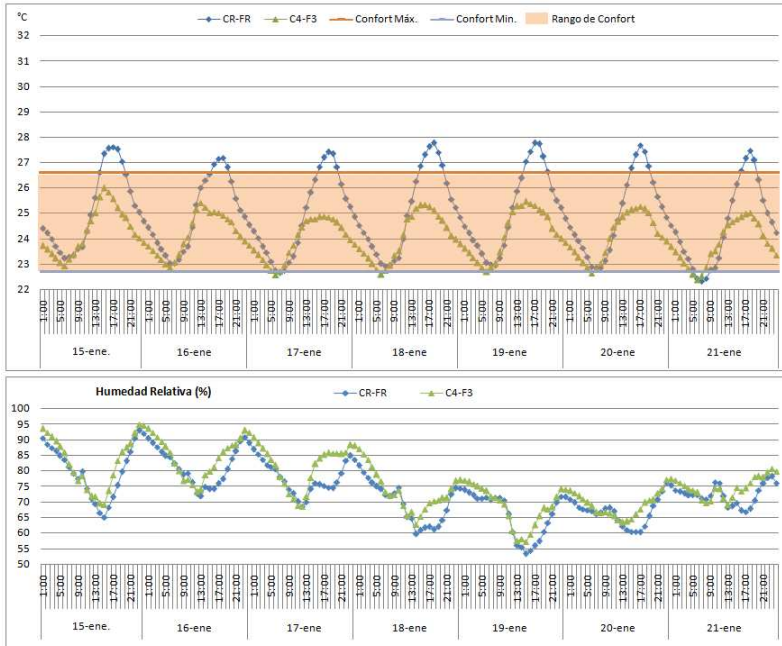


Figura 4.19: Mejor Combinación de Cubierta y Fachada: C4-F3 para la semana más fría

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

El modelo planteado como edificio multiplanta de cuatro (4) niveles con una vivienda por nivel, detallado en el apartado de los Casos de Estudio en el capítulo de la Metodología de Actuación, contiene la descripción de los tipos de cerramientos y de elementos constructivos utilizados en la edificación analizada, con los datos de las características de los materiales y los espesores frecuentemente utilizados, conforme a los reglamentos oficiales del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de la República Dominicana[70]. Dentro de la tipología habitacional de este caso de estudio, está posicionado en el segundo lugar de interés, con un 10.85 % de todas las edificaciones residenciales del país[59].



Figura 4.20: Modelo de Referencia del Edificio Multiplanta de 4 nivel

El entorno de simulación, en cuanto al uso de DesignBuilder® v4.7.0.027, como herramienta simuladora de escenarios reales, ha sido el mismo que el utilizado en el caso de Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel, con los datos del entorno original, donde se ha localizado el Modelo de Referencia Multiplanta. La información de configuración inicial se ha dividido en dos partes; ubicación y datos de la edificación (Cuadro: 4.2). En el apartado de la ubicación, el programa informático requiere información relevante para la escenificación del entorno de la simulación, tales como: la ciudad utilizada. En este caso que nos concierne coincide con ser la capital del país: Santo Domingo, entorno Urbano donde se encuentran el 74.03 % de las viviendas, del tipo de la utilizada como modelo de referencia en esta investigación. También se han definido los datos de localización mundial del país,

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Latitud 18.43° y Longitud -69.88° , huso horario $-4:00$ respecto del meridiano de Greenwich y zona climática 1A: descrita como muy caliente y húmeda, según la ASHRAE como definición internacional de zonas climáticas.

Igualmente, se ha tenido en cuenta para determinar el comportamiento térmico del edificio, la no utilización de ningún tipo de sistema de refrigeración mecánico (con objeto de reducir el consumo de energía), simplemente se ha permitido la ventilación natural. El escenario está configurado para cada estancia de la vivienda, según la actividad a la que está dedicada, y teniendo en cuenta también índice de ocupación. Otro dato de sumo interés que se ha considerado en la simulación desarrollada, son las cargas aportadas del consumo eléctrico, en iluminación, así como para los equipos electrónicos y electrodomésticos utilizados dentro de la vivienda.

Todos estos datos son los necesarios para desarrollar el modelo y su simulación, cuyos resultados serán discutidos a lo largo de este punto.

4.3.1 Estudio de la orientación más favorable

Las proyecciones solares son sumamente importantes en lo concerniente al ahorro energético, ya que el control de ganancias de calor solar directa varía en función de las estaciones climáticas. El impacto que tiene la orientación del edificio, en la temperatura interna del mismo, viene dado como punto de interés relevante en el consumo de la energía, porque del aumento ó disminución de su demanda se deriva el consumo de la misma, en refrigeración.

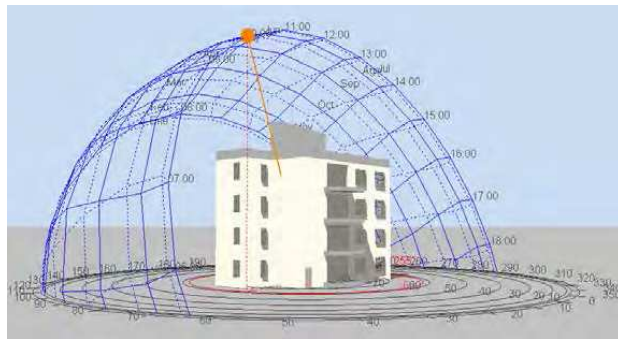


Figura 4.21: Recorrido Solar en el MR Multiplanta.

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

Para el análisis de la orientación, inicialmente se realiza la simulación del Modelo de Referencia (*MR-multiplanta*) para la semana del 11 de junio al 17 junio, como periodo de evaluación previamente seleccionado, donde se determinaron las temperaturas más cálidas del año. Posteriormente, se realiza con el *MR-multiplanta* en esta semana de referencia de evaluación, las simulaciones para las ocho orientaciones de evaluación (Figura:4.22: N, NE, E, SE, S, SO, O y NO). Obteniendo así, las orientaciones en que las temperaturas internas alcanzan los niveles más bajos y más altos.

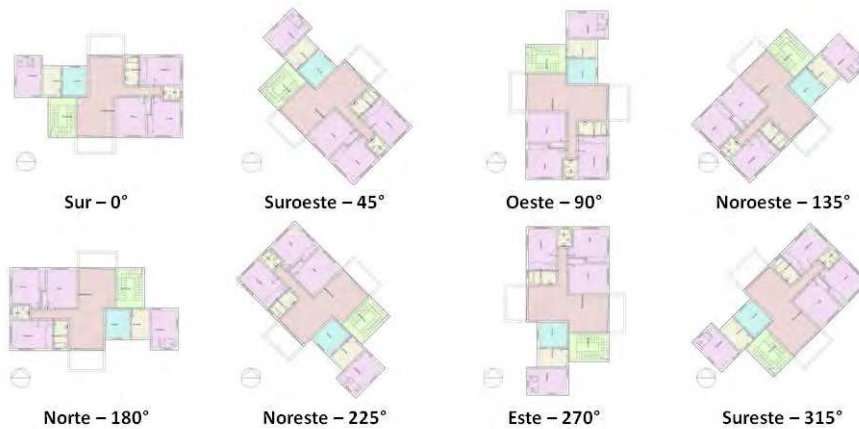


Figura 4.22: Planos de distribución del MR-multiplanta según la orientación.

En el cuadro 4.14 contiene los resultados de las temperaturas operativas, la temperatura exterior y la humedad relativa, de cada orientación representada en el edificio de apartamentos simulado. Dividiendo los resultados en valores promedios, mínimos y máximos en la semana de diseño analizada. En este cuadro se puede apreciar que las temperaturas operativas están en un intervalo desde los 24.58°C hasta los 31.58°C. Por otro lado, las humedades relativas interiores tienen un rango que va desde 67.39 % hasta 80.57 %.

De los resultados del cuadro 4.14, se desarrolla la figura 4.23 donde se muestran en detalle los valores de las temperaturas operativas promedio de la edificación, obtenidas para las distintas orientaciones analizadas. Se puede apreciar que la orientación donde la fachada frontal del edificio está localizada al Sur - 0°, es la

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Semana	Orientación	Temp. Operativa °C			Humedad Relativa %			Temp. Exterior °C		
		Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.
11 Jun - 17 Jun Sem. Extrema Verano	Sur 0°	27.55	30.91	24.63	80.57	90.75	69.08	26.76	33.10	21.82
	Suroeste 45°	27.71	31.22	24.60	80.13	91.15	68.46	26.76	33.10	21.82
	Oeste 90°	27.83	31.60	24.61	79.86	90.94	67.39	26.76	33.10	21.82
	Noroeste 135°	27.69	31.40	24.60	80.21	90.52	67.94	26.76	33.10	21.82
	Norte 180°	27.58	31.02	24.68	80.43	90.80	68.53	26.76	33.10	21.82
	Noreste 225°	27.76	31.34	24.58	79.97	91.18	68.04	26.76	33.10	21.82
	Este 270°	27.82	31.58	24.58	79.94	91.27	67.45	26.76	33.10	21.82
Sureste 315°	27.68	31.38	24.60	80.28	90.74	68.05	26.76	33.10	21.82	

Cuadro 4.14: Temperaturas y Humedad Relativa de todas las Orientaciones.

ubicación donde se obtienen las temperaturas operativas internas más bajas, siendo ésta, la orientación óptima resultante. En dicho gráfico radial se aprecia que la orientación Norte - 180° presenta temperaturas interiores bastante similares a la Sur - 0°, siendo la segunda opción óptima. De la misma forma, bajo el análisis de las orientaciones, se muestra que en las orientaciones donde la fachada frontal del edificio está orientada al Este - 270° y al Oeste - 90°, es donde resultan las temperaturas operativas promedios más altas (la más lejana al centro de la figura: 4.23).

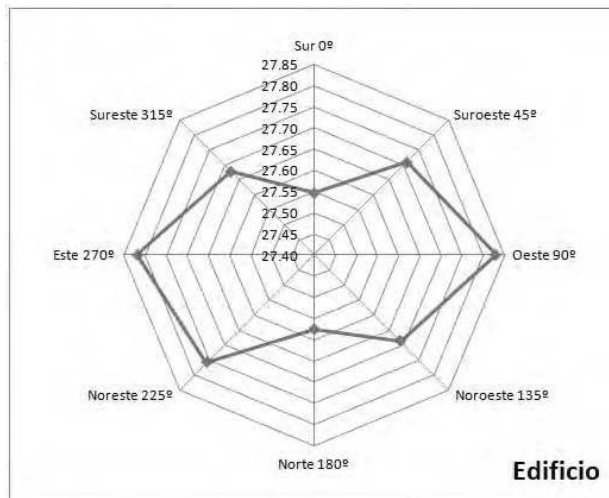


Figura 4.23: Comparación de las Temperaturas Operativas Medias del Edificio según la orientación.

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

Analizando por separado cada uno de los niveles del edificio, se concluye que la orientación Sur - 0°, es la más óptima, ya que es donde resultan las temperaturas interiores promedios más bajas respecto de las demás orientaciones (ver Cuadro:4.15). La temperatura operativa promedio por niveles para óptima orientación (Sur - 0°) son: Nivel 1 de 25.73°C con 86.55 % HR, Nivel 2 de 27.64°C con 79.84 % HR, Nivel 3 de 28.09°C con 78.67 % HR, y Nivel 4 de 28.72°C con 77.22 % HR. Al realizar una comparación de temperaturas por niveles, se destaca que el nivel 1 es donde son más bajas, independientemente de la orientación que se utilice. Desde el punto de vista porcentual, este incremento de temperatura por niveles, para la orientación Sur - 0°, va de un 7.42 % (1.91°C) entre los niveles 1 y 2, de 9.17 % (2.36°C) entre los niveles 1 y 3, y de 11.62 % (2.99°C) entre los niveles 1 y 4.

Nivel	Orientación	Temp. Operativa °C			Humedad Relativa %			Nivel	Orientación	Temp. Operativa °C			Humedad Relativa %		
		Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.			Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.
1	Sur 0°	25.73	27.84	23.70	86.55	95.30	74.51	2	Sur 0°	27.64	30.93	24.74	79.84	90.55	64.63
	Suroeste 45°	25.92	28.15	23.73	85.69	93.81	73.67		Suroeste 45°	27.82	31.32	24.70	79.31	90.91	64.67
	Oeste 90°	26.07	28.59	23.79	85.03	93.33	72.79		Oeste 90°	27.94	31.76	24.72	79.08	90.68	64.81
	Noroeste 135°	25.91	28.31	23.78	85.72	94.24	72.95		Noroeste 135°	27.79	31.49	24.69	79.46	90.27	64.02
	Norte 180°	25.75	27.91	23.71	86.43	95.06	73.79		Norte 180°	27.68	31.06	24.82	79.68	90.56	64.19
	Noreste 225°	25.96	28.28	23.64	85.53	94.31	73.24		Noreste 225°	27.88	31.46	24.72	79.13	90.89	64.73
	Este 270°	26.06	28.59	23.70	85.13	93.58	72.77		Este 270°	27.94	31.75	24.74	79.12	90.93	64.86
	Sureste 315°	25.91	28.33	23.72	85.65	94.51	73.25		Sureste 315°	27.78	31.47	24.73	79.56	90.52	64.70
3	Sur 0°	28.09	31.80	25.02	78.67	90.46	64.86	4	Sur 0°	28.72	33.37	25.07	77.22	90.14	61.39
	Suroeste 45°	28.26	32.19	24.93	78.31	90.62	63.44		Suroeste 45°	28.84	33.53	25.05	77.19	90.12	61.20
	Oeste 90°	28.36	32.55	24.93	78.18	90.37	62.67		Oeste 90°	28.93	33.78	25.00	77.14	89.68	61.01
	Noroeste 135°	28.23	32.29	24.95	78.46	89.93	63.50		Noroeste 135°	28.82	33.68	24.99	77.21	89.51	60.85
	Norte 180°	28.13	31.92	25.05	78.50	90.46	64.24		Norte 180°	28.74	33.44	25.13	77.09	90.24	61.09
	Noreste 225°	28.31	32.31	24.91	78.16	90.53	63.13		Noreste 225°	28.88	33.60	25.02	77.07	90.42	61.11
	Este 270°	28.36	32.53	24.91	78.23	90.64	62.78		Este 270°	28.91	33.80	24.97	77.29	90.15	60.96
	Sureste 315°	28.22	32.27	24.93	78.54	90.20	63.54		Sureste 315°	28.81	33.68	25.02	77.36	89.73	61.00

Cuadro 4.15: Temperaturas y Humedades Relativas por nivel de todas las Orientaciones.

Es importante identificar que en los gráficos radiales de la figura: 4.24, los rangos de temperaturas operativas promedios de cada nivel son distintos, siendo el extremo inferior de estos rangos las temperaturas obtenidas de la orientación donde la fachada frontal se ubica al Sur - 0°. Por ejemplo los valores van del **Nivel 1:** de 25.50°C a 26.10°C, en el **Nivel 2:** de 27.40°C a 28.00°C, en el **Nivel 3:** de 27.90°C a 28.40°C y en el **Nivel 4:** de 28.60°C a 28.95°C.

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

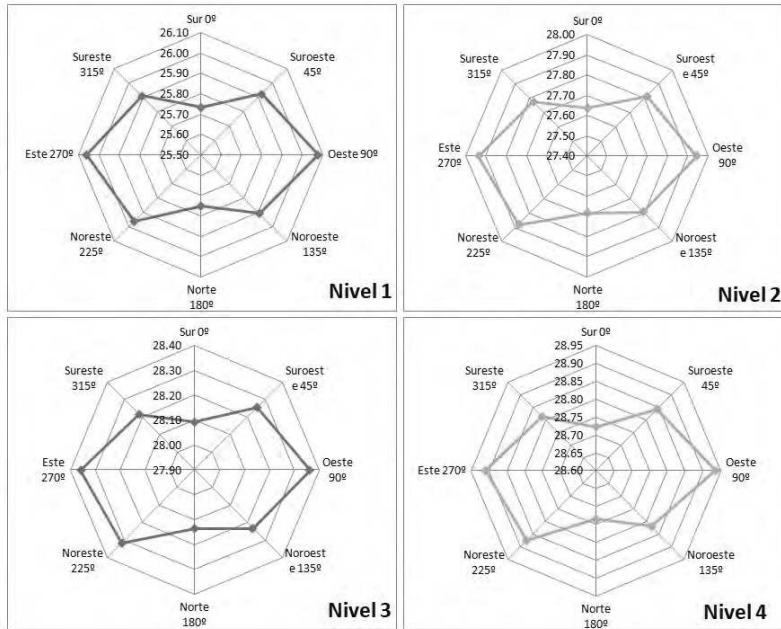


Figura 4.24: Comparación de las Temperaturas Operativas Medias por nivel según la orientación.

Cabe destacar que en esta tesis no se analiza la distribución arquitectónica más adecuada en las viviendas. Es por ello que tanto el Caso 1: Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel, como en el caso actual de estudio, no se presentan comentarios ni recomendaciones en cuanto al ámbito arquitectónico asociados a la distribución de los espacios. Para ambos casos de estudio se han seleccionado las distribuciones de vivienda típicas y más comunes en el país, lo que no garantiza que los resultados obtenidos sean extrapolables a otras distribuciones.

Otra forma de visualizar los resultados obtenidos, es presentada en el cuadro 4.16, donde se recogen los datos para todas las orientaciones en un día tipo de la semana de estudio, representado por marcas y colores. La tendencia de las temperaturas indicadas, muestra que en la orientación Este - 270° se presentan las temperaturas más altas [mayor cantidad de equis en rojo], con un promedio de temperatura operativa promedio al día de 27.97°C. También se observa, que en las

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

Fecha/Hora	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
11-jun.	1:00	26.96	27.08	27.05	26.96	27.01	27.15	27.03	26.94
	2:00	26.68	26.83	26.81	26.67	26.70	26.91	26.79	26.68
	3:00	26.33	26.44	26.43	26.30	26.36	26.52	26.42	26.32
	4:00	26.02	26.10	26.08	25.98	26.05	26.18	26.08	26.00
	5:00	25.79	25.87	25.88	25.80	25.82	25.92	25.87	25.82
	6:00	25.57	25.63	25.66	25.59	25.58	25.67	25.66	25.60
	7:00	25.49	25.57	25.60	25.51	25.50	25.60	25.59	25.52
	8:00	25.91	26.09	26.12	25.91	25.88	26.11	26.11	25.97
	9:00	26.45	26.64	26.67	26.42	26.44	26.68	26.68	26.47
	10:00	26.94	27.17	27.20	26.95	26.92	27.23	27.23	26.97
	11:00	27.47	27.70	27.73	27.51	27.46	27.75	27.76	27.53
	12:00	28.00	28.25	28.28	28.04	27.98	28.31	28.31	28.07
	13:00	28.47	28.71	28.75	28.50	28.47	28.79	28.77	28.53
	14:00	28.90	29.13	29.18	28.97	28.91	29.23	29.19	28.96
	15:00	29.28	29.51	29.55	29.34	29.28	29.59	29.57	29.35
	16:00	29.56	29.82	29.90	29.68	29.57	29.90	29.90	29.67
	17:00	29.77	30.03	30.22	29.99	29.81	30.13	30.20	29.97
	18:00	29.84	30.07	30.37	30.17	29.94	30.20	30.37	30.16
	19:00	29.68	29.90	30.17	30.01	29.79	30.04	30.19	30.00
	20:00	29.34	29.52	29.71	29.56	29.42	29.63	29.71	29.54
	21:00	28.95	29.07	29.24	29.16	29.02	29.14	29.21	29.13
	22:00	28.51	28.56	28.69	28.62	28.58	28.61	28.65	28.58
	23:00	28.00	28.00	28.08	28.02	28.06	28.03	28.04	27.98
		27.74	27.90	27.97	27.81	27.76	27.97	27.97	27.82

Cuadro 4.16: Resultados de todas las Orientaciones por horas.

orientaciones de Oeste - 90° y Noreste - 225°, la temperatura operativa promedio (27.97°C/día) tiene el mismo resultado que en la de Este - 270°. Mientras que en donde la fachada principal tiene orientación Sur - 0°, se muestran las temperaturas menores [Mayor cantidad de cotejos en verde], con un promedio en la temperatura operativa de 27.74°C.

En la figura 4.25, se muestra graficada la evolución de las temperaturas interiores y de las humedades relativas para las orientaciones resultantes como: mejor caso o mejor dirección es la Sur - 0°, y peores casos o direcciones son las Oeste - 90° y Este - 270°, a lo largo de la semana de estudio. En la gráfica se muestra la mínima mejora obtenida en la modificación de la orientación. La diferencia presentada entre la mejor y las peores orientaciones de la edificación, no son más que 1.02 % de mejora de la orientación Oeste - 90 respecto de la Sur - 0°, y 0.98 % de mejora de la orientación Este - 270° respecto de la orientación Sur - 0°. Esto nos indica, que tener en cuenta solamente la orientación de la edificación no es suficiente, para alcanzar el rango de confort térmico establecido por la ASHRAE, sin tener en cuenta los materiales que forman parte de la envolvente de la vivienda.

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

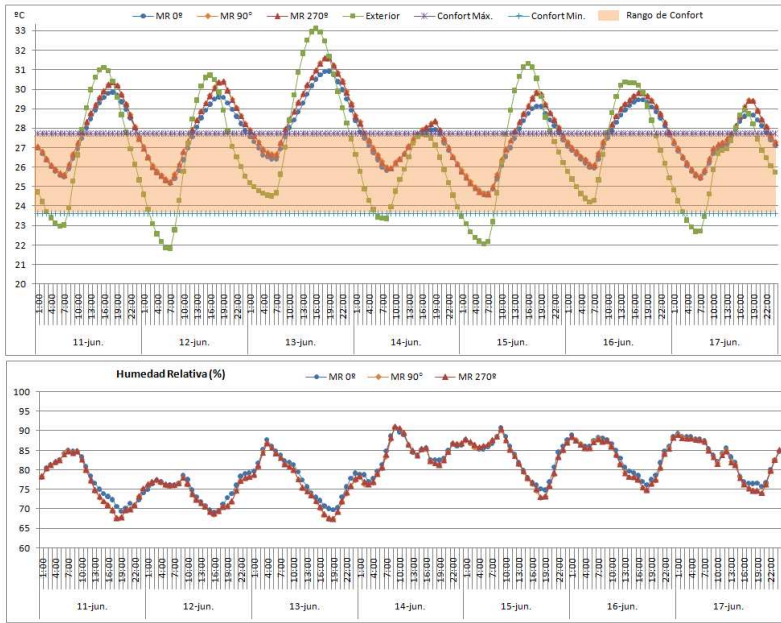


Figura 4.25: Mejor y peores orientaciones del MR-multiplanta.

Mediante el análisis de las orientaciones, se cuantificó el calor (kW) que entra a la vivienda desde el exterior por el día [ganancia (+)] y el calor que se pierde en la noche [pérdidas (-)] a través de los cerramientos (Ver: Anexo C: Tablas de perdidas y ganancias (en kW) para las diferentes orientaciones (Caso 2)). Este análisis se realizó para los cerramientos principales de la edificación, como son: ventanas, muros, suelos interiores, suelo sobre el terreno, techos y cubierta. Según el valor total de la energía solar perdida (kW) (es decir el calor que sale de la vivienda), la orientación de mayor pérdida total es la orientación Este - 270° (-48.36 kW) y la de menor pérdida de calor total es la orientación en la que la fachada frontal está al Suroeste - 45° (-2.14 kW).

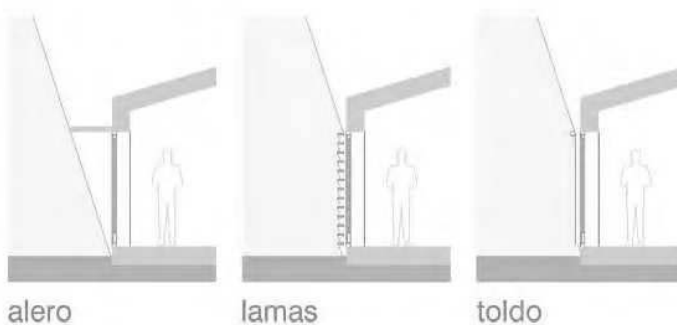
En el Anexo D: Tablas de temperaturas operativas horarias para las diferentes orientaciones (Caso 2) se desglosan, el cuadro de resultados de las temperaturas operativas diaria por hora y orientación de toda la semana de análisis. Donde se puede visualizar, la variación de las temperaturas según la hora del día, y las diferencias de dichas temperaturas según la orientación analizada.

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

En conclusión, teniendo en cuenta ambos análisis al edificio, la orientación más adecuada para el MR-multiplanta de cuatro niveles, en relación a las temperaturas de confort, es la que posee la fachada frontal al Sur - 0°, siendo esta orientación una de las orientaciones con menores pérdidas en el análisis de intercambio de calor (kW). La Sur - 0° es la orientación seleccionada para ejecutarse en ella todos los análisis respecto del edificio multifamiliar, con objeto de aumentar esta mejora en el comportamiento de las temperaturas operativas interiores en los modelos restantes.

4.3.2 Análisis de los elementos de sombreado

La protección de solar, tiene como misión, evitar que los rayos proyectados del sol calienten el interior de las edificaciones, así como también las fachadas de los edificios. Otro objetivo importante que poseen estos elementos de sombreado, es evitar la instalación de aparatos mecánicos de refrigeración (aires acondicionados), como consecuencia de la mitigación de las altas temperaturas interiores de las viviendas de climas cálidos y en estaciones de verano. (Ejemplos de tipos de elementos de sombreado exterior: Se muestra en la Figura 4.26)



(a) Fuente: biuarquitectura.com

Figura 4.26: Diferentes tipos de protecciones solares exteriores.

En esta investigación se plantean la utilización de los aleros de cubierta y de los parasoles en ventanas, como elementos de protección solar exteriores. Se ha

estudiado el aporte en la reducción de las temperaturas, de cada unos de dichos elementos, trabajando en el edificio de manera separada, para seleccionar cuál genera la protección más eficiente.

4.3.2.1 Aleros

Se tomará el Modelo de Referencia multiplanta, para mostrar las ventajas que puede producir la instalación de aleros de un metro de prolongación en el forjado de la cubierta (Figura 4.27). Utilizando la edificación resultante en el Estudio de la orientación más favorable como la óptima, es decir la que tiene la orientación de fachada principal en dirección Sur - 0°.

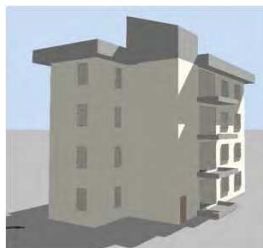


Figura 4.27: Representación de los aleros en el MR-Multiplanta.

Los resultados del análisis realizado sobre el MR-Multiplanta, demuestran que la inclusión de un alero de un metro desde la fachada del edificio, reduce ligeramente la temperatura interior. El porcentaje de mejora obtenido con la utilización de un alero de un metro, respecto al MR-multiplanta es de un 0.13 % para la edificación en su totalidad, según se muestra en el cuadro 4.17 - **A**. En este mismo cuadro 4.17 - **B**, se puede apreciar, que las temperaturas según las plantas varía de un 0.22 % en el nivel 4, 0.16 % en el nivel 3, 0.25 % en el nivel 2 (como valor máximo) y 0.04 % en el nivel 1 (como valor mínimo), lo cual es coherente, ya que el alero provoca más sombra en la planta más alta, que es la que presenta una mejora mayor.

Para verlo desde un punto de vista gráfico, en la figura 4.28 se ve representado un día de la semana de estudio, con las temperaturas y humedades relativas horarias. Mostrando que la variación del uso de aleros en la edificación no representa un cambio o mejora significativo en la edificación. Teniendo en cuenta que los valores temperaturas internas y de las humedades relativas son prácticamente

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

A			B			
Datos en el Edificio	°C	%	MR	MR-Alero 1 m.		
			°C	°C	%	
MR	27.55	-	Nivel 4	28.72	28.66	0.22
MR Alero 1 m.	27.51	0.13	Nivel 3	28.09	28.05	0.16
			Nivel 2	27.69	27.61	0.25
			Nivel 1	25.73	25.72	0.04

Cuadro 4.17: Temperaturas operativa promedio y porcentaje de mejora en aleros.

idénticas, rondando entre los 25.4°C a los 29.9°C en las temperaturas y con rangos de humedad relativa que van desde los 69 % al 85 %.

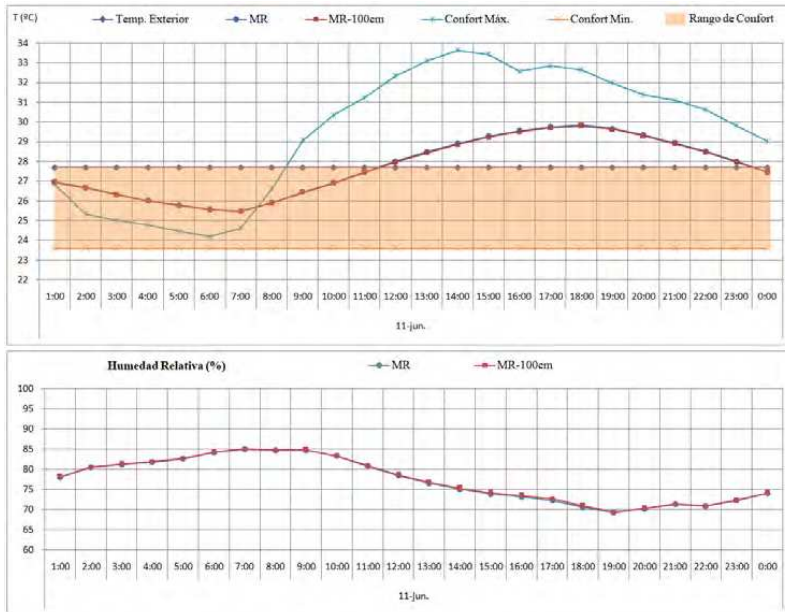


Figura 4.28: Temperaturas interiores y humedades relativas en el edificio en un día de muestreo del MR y MR-aleros de 1 m.)

De una forma más detallada, en las figuras 4.29 y 4.30 se pueden observar las diferencias de temperaturas internas y humedades relativas en la edificación, según la altitud de cada planta del edificio. Los rangos de temperaturas operativas promedios de cada nivel son distintos, siendo estos los valores siguientes: en el

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Nivel 1, las temperaturas operativas internas son de 24.1°C a 27.1°C con 74 % a 90 % de HR, donde las temperaturas de los dos modelos graficados se mantienen dentro del rango de confort térmico, según la ASHRAE, durante todo el día). En el Nivel 2 el rango de temperaturas internas van desde 25.5°C a 29.9°C con 68 % a 85 % de HR, saliendo del rango de confort después del mediodía. Por otro lado, en el Nivel 3 tenemos temperaturas desde los 26°C a 30.4°C con 65 % a 84 % de HR. Y finalmente, en el Nivel 4 las temperaturas van desde los 26.1°C a los 31.9°C con 62 % a 84 % de HR.

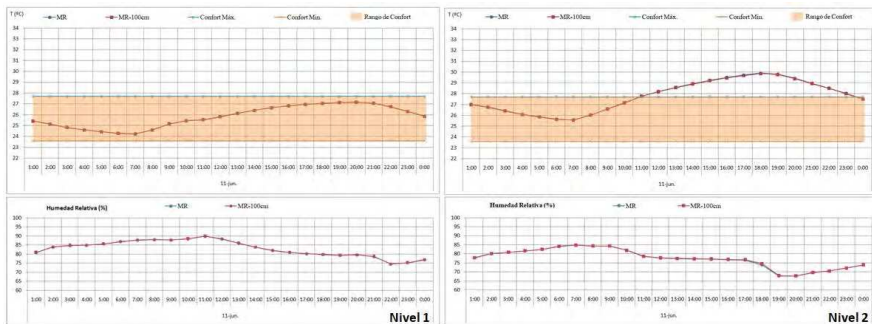


Figura 4.29: Temperaturas y humedades relativas para los niveles 1 y 2.

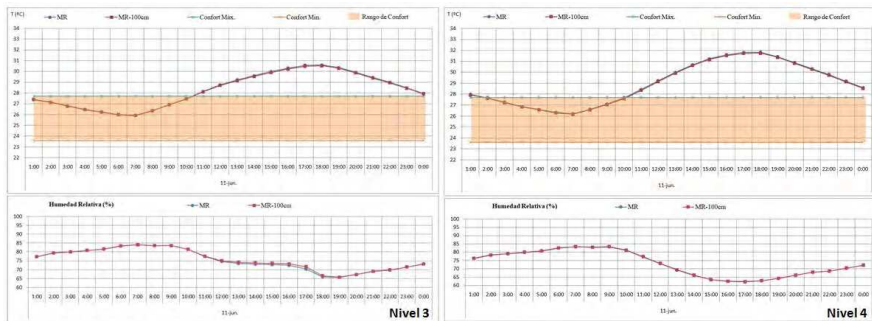


Figura 4.30: Temperaturas y humedades relativas para los niveles 3 y 4.

En consecuencia, podemos decir que la integración de esta técnica arquitectónica de protección solar, permite obtener ligeras mejoras en el confort del ambiente interior, aunque el elevado coste que representa en relación a los porcentajes de mejoras obtenidos. Es decir, que la inclusión de voladizos en la periferia de la

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

cubierta, no es rentable ecómicamente, ya que eleva considerablemente el precio del elemento constructivo de cubierta. De igual forma, no debe considerarse como único elemento de optimización de las temperaturas interiores en una edificación, considerando que los valores de reducción de las temperaturas no son significativos.

Nota aclaratoria: El MR-Multifamiliar fue modelizado para aleros de diferentes longitudes, como son: 20 cm, 50 cm y de 100 cm. Resultando que, para las longitudes de 20 cm y 50 cm, no se consiguió una ganancia apreciable o significativa en la protección de las fachadas, al ser longitudes tan reducidas. Por otro lado, el utilizar aleros de 100 cm en un edificio multiplanta, presenta una mejoría considerable. Entendiendo así, que para las longitudes de aleros menores a 100 cm, la reducción en temperaturas interiores que se le proporcionaría al edificio serían casi nulas.

4.3.2.2 Parasoles

Los huecos y ventanas son los puntos debiles de la envolvente del edificio frente a las ganancias de calor por soleamientos, ya que las fachadas suelen conformar un sistema de mayor espesor con materiales más aislantes. Por ello es muy interesante proteger los huecos y ventanas de la excesiva radiación solar, por medio de sistemas de sombreadamientos, como son los parasoles. Este ha sido otro punto de estudio en esta investigación. Analizado el comportamiento del MR-Multiplanta con orientación optima (Sur - 0°), incorporándole parasoles horizontales y verticales, tanto en toda la edificación, como de forma aislada en las fachadas con mayor radiación solar.

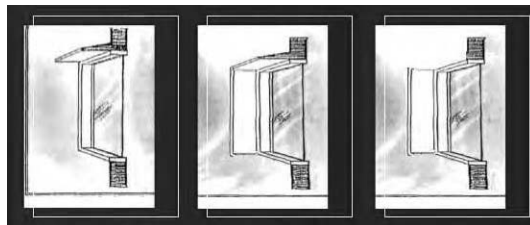


Figura 4.31: Tipos de Parasoles analizados.

Los parasoles o toldos son fabricados con diversos tipos de materiales, como son la tela y el aluminio (no predominante en climas cálidos). También tienen diversos diseños y estilos; para este estudio hemos tenido en cuenta los parasoles horizontales y la combinación de horizontales y verticales (Ver figura: 4.31).

Dentro del campo de las telas, éstas deben cumplir con la capacidad de no filtración del agua y ser resistente a los efectos de la interperie. Entre los materiales más comunes para la fabricación de parasoles están: el poliéster revestido de acrílico, poliéster tejido cubierto con PVC, el vinilo laminado reforzado y en general las telas de poliéster, acrílicas, vinílicas y microperforadas.

En este estudio se seleccionaron las telas microperforadas, por ser telas de última generación, utilizadas como pantallas protectoras solares en lugar de las lonas tradicionales. Utilizarlas en colores claros permite una protección mejor contra los rayos infrarrojos. Las telas microperforadas reducen el factor solar de las telas tradicionales en 0.06¹, con respecto a las demás telas para fabricación de toldos.

A continuación, las características del material de los parasoles utilizados:

- Conductividad térmica: $0.0350 \text{ W/m} - K$
- Calor específico: $710 \text{ J/kg} - K$
- Densidad: 48 kg/m^3

(A) Parasoles Horizontales



Figura 4.32: MR-Multifamiliar con parasoles horizontales: MR-PSH.

¹Para el clima cálido, el factor solar debe ser bajo, para que la refrigeración de la vivienda sea mínima.

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

En este primer análisis, se han dispuesto los parasoles en todas las ventanas de la edificación. La longitud considerada para estos parasoles es: 1 y 1.5 metros. La posición de los toldos es completamente en horizontal (0°), que es una solución muy habitual en edificación, ya que permite proteger del sol el interior de las ventanas y las puertas. Ver Figura:4.32.

A			B					
Datos en el Edificio	°C	%	MR °C	MR-PH* 1 m. °C	%	MR-PH* 1.5 m. °C	%	
MR	27.55	-	Nivel 4	28.72	28.74	-0.07	28.71	0.05
MR-PH* 1 m.	27.61	-0.25	Nivel 3	28.09	28.16	-0.26	28.11	-0.08
MR-PH* 1.5 m.	27.57	-0.07	Nivel 2	27.69	27.73	-0.16	27.68	0.04
			Nivel 1	25.73	25.83	-0.37	25.77	-0.13

* PH: Parasoles horizontales

Cuadro 4.18: Temperaturas operativa promedio y porcentaje de mejora en parasoles horizontales.

En el cuadro 4.18-A, se presentan los resultados del análisis que muestran en una vista general del edificio que la utilización de parasoles no genera mejora alguna en las temperaturas operativas promedio, al contrario, éstas se ven incrementadas en 0.25 % y 0.07 % para las longitudes de 1 y 1.5 metros respectivamente, en comparación al MR-multifamiliar.

De igual forma, y en detalle, se puede apreciar en el cuadro 4.18-B que las temperaturas en cada uno de los niveles de la edificación se mantienen por encima de las temperaturas del modelo de referencia. Un punto interesante a notar es que las temperaturas interiores donde se utilizan parasoles de 1.5 metros, son ligeramente más cercanas a las temperaturas que se obtienen en el MR-multifamiliar, pero esta dimensión es un tanto exagerada para ser utilizada.

En vista de que la sobre protección de las ventanas con parasoles incrementa las temperaturas interiores en el edificio, se ha optado por solo ubicar los toldos en las ventanas en las fachadas que dan al Oeste y Este (Ver figura:4.33). Esto se ha determinado así, ya que son las fachadas con mayor radiación solar. La longitud de estos parasoles es de 1 metro, y en posición horizontal.

Los resultados presentados en el cuadro 4.19, muestran que esta disposición de los parasoles no ejerce mejora alguna en las temperaturas internas de la edificación.

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

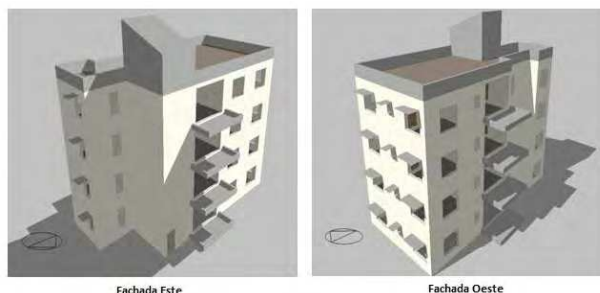


Figura 4.33: MR-Multifamiliar con parasoles horizontales solamente en las fachadas Oeste y Este.

Al contrario, estas se ven incrementadas por encima de las temperaturas que presenta el modelo con los parasoles de un (1) metro en todas las ventanas (Ver cuadro 4.18).

A			B		
Datos en el Edificio	°C	%	MR °C	MR-PHwe* °C	%
MR	27.55	-	Nivel 4	28.72	28.95 -0.45
MR-PHwe*	27.72	-0.63	Nivel 3	28.09	28.27 -0.64
* PHwe: Parasoles horizontales en la fachada Oeste y Este			Nivel 2	27.69	27.83 -0.53
			Nivel 1	25.73	25.92 -0.74
			* PHwe: Parasoles horizontales en la fachada Oeste y Este		

Cuadro 4.19: Temperaturas operativa promedio y porcentaje de mejora en parasoles horizontales E y O.

En conclusión, la protección solar de la edificación mediante parasoles horizontales, no es factible. Este tipo de protección permite que la radiación solar directa sea desplazada, rebotando en la superficie del parasol horizontal, de modo que esta se refleje en el interior de la edificación, aprovechando la falta de protección vertical y resultando en un incremento de las temperaturas internas.[98]

En cuanto a la humedad relativa en el edificio de estudio, los valores obtenidos muestran que no se presentan variaciones en los porcentajes. Independientemente de la longitud de parasol horizontal utilizado, los rangos de humedad relativa se

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

mantienen de 68 % a 91 % (Ver figura 4.34). Tomando como ejemplo el modelo de parasoles horizontales con longitud de un metro, graficamos los valores de las humedades relativas, de cada uno de los niveles, observando que en el nivel 1 es donde se presentan los porcentajes más altos (Ver figura 4.35).

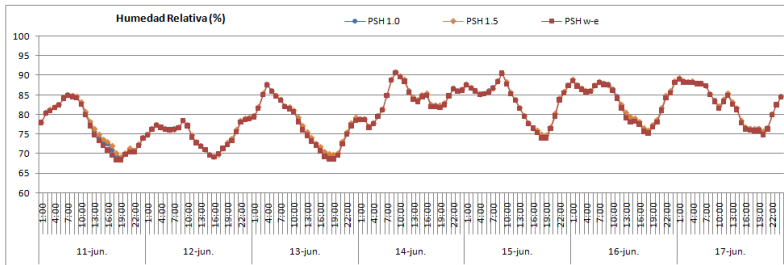


Figura 4.34: Humedades relativas de las distintas longitudes de parasol horizontal.

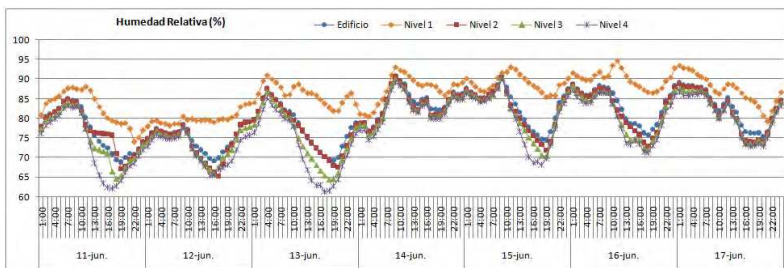


Figura 4.35: Detalle por nivel del MR-PSH de 1.0 m.

(B) Parasoles Horizontales y Verticales

Otra opción bastante utilizada es la combinación de parasoles horizontales y verticales, que protejan de la radiación solar directamente horizontalmente y verticalmente (Ver figura: 4.36). En este modelo, mantenemos las longitudes de los parasoles en un (1) metro, y se han dispuesto en todas las ventanas de la edificación.

En el cuadro 4.20-A se observa que las temperaturas dentro de los modelos con la combinación de parasoles consiguen una mejora de 0.37 % con respecto a la del MR-multiplanta. Esto es el resultado de que al proteger las ventanas tanto horizontal como verticalmente, la radiación solar directa no sea desplazada, y se protege el interior del reflejo de la misma. Como resultado, todos los valores de las



Figura 4.36: MR-Multifamiliar con parasoles horizontales y verticales: MR-PSHL.

temperaturas internas promedio en cada uno de los niveles de la edificación se ven reducidos, por la correcta protección de las ventanas.

A			B		
Datos en el Edificio	°C	%	MR °C	MR-PHL* °C	%
MR	27.55	-	Nivel 4	28.72	28.59 0.46
MR-PHL*	27.44	0.37	Nivel 3	28.09	27.99 0.38
* PHL: Parasoles horizontales y verticales			Nivel 2	27.69	27.55 0.50
			Nivel 1	25.73	25.65 0.33
			* PHL: Parasoles horizontales y verticales		

Cuadro 4.20: Temperaturas Operativa Promedio y porcentaje de mejora en Parasoles H y V.

En el cuadro 4.20-B se muestran valores de mejora por plantas, de modo que se mejora un 0.46 % en el nivel 4, 0.38 % en el nivel 3, 0.50 % en el nivel 2 y 0.33 % en el nivel 1.

Por otro lado, los porcentajes de humedad relativa se mantienen similares a las humedades relativas del MR-Multiplanta sin el uso de ningún elemento de protección solar, con un rango de valores que va desde el 68 % a 91 % de HR (Ver figura 4.37).

En cuanto a los rangos de valores de humedad relativa presentados por niveles, estos son: Nivel 1: de 75 % a 96 %, Nivel 2: de 65 % a 91 %, Nivel 3: de 65 % a 91 % y Nivel 4: de 61 % a 91 % (Ver figura 4.38).

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

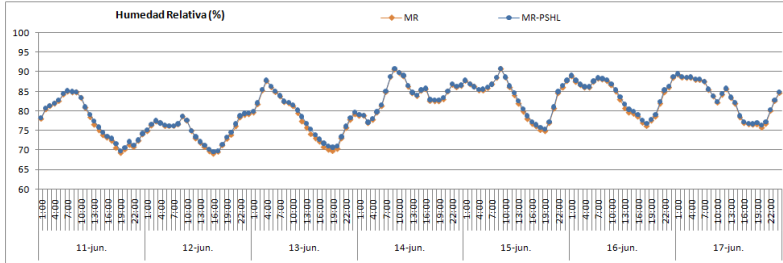


Figura 4.37: Comparación de la humedad relativa en el MR-Multiplanta y el MR-PSHL de 1.0 m.

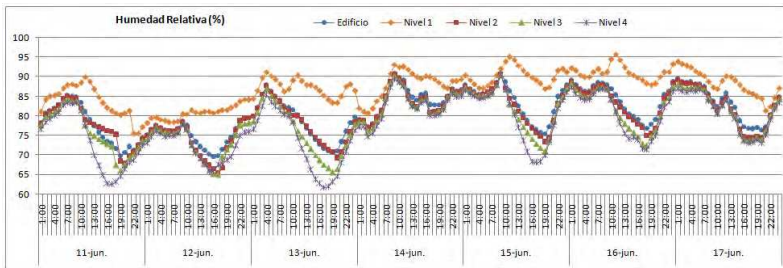


Figura 4.38: Detalle por nivel del MR-PSHL de 1.0 m.

(C) Parasoles Verticales Laterales



Figura 4.39: MR-Multiplanta con parasoles laterales verticales: MR-PSV.

La utilización de parasoles laterales verticales no es una opción normalmente utilizada, pero a la vista de los resultados de las anteriores opciones donde se

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

han utilizado parasoles horizontales y una combinación de parasoles horizontales y verticales, analizar la influencia de utilizar únicamente la alternativa de parasoles verticales laterales es interesante (Ver figura: 4.39). En este modelo, mantenemos las longitudes de los parasoles en 1 metro como en los anteriores casos, y se han dispuesto en todas las ventanas de la edificación.

En el cuadro 4.21-A se observa que las temperaturas dentro de los modelos con parasoles laterales no consigue una mejoría, resultando con un incremento de las temperaturas operativas internas de un 0.30 % con respecto a la del MR-multiplanta. Este tipo de protección vertical permite que la radiación solar directa sea desplazada, rebotando en la superficie del parasol, de modo que esta se refleje en el interior de la edificación, aprovechando la falta de protección horizontal. Como resultado, se observa que los valores de las temperaturas interiores promedios de cada uno de los niveles de la edificación se han visto incrementados, ya que la protección ofrecida por este tipo de elemento de protección solar no es suficiente.[98]

A			B			
Datos en el Edificio	°C	%	MR °C	MR-PL* °C %		
MR	27.55	-	Nivel 4	28.72	28.75	-0.10
MR-PL*	27.63	-0.30	Nivel 3	28.09	28.17	-0.30
* PL: Parasoles laterales o verticales			Nivel 2	27.69	27.74	-0.22
			Nivel 1	25.73	25.84	-0.43
			* PL: Parasoles laterales o verticales			

Cuadro 4.21: Temperaturas Operativa Promedio y porcentaje de mejora en parasoles verticales.

En el cuadro 4.21-B se muestran valores de aumento de las temperaturas de 0.10 % en el nivel 4, 0.30 % en el nivel 3, 0.22 % en el nivel 2 y 0.43 % en el nivel 1.

Por otro lado, los porcentajes de humedad relativa siguen manteniéndose similares a las humedades relativas del MR-Multiplanta sin el uso de ningún elemento de protección solar, con un rango de valores que va desde el 68 % a 91 % de HR (Ver figura 4.40).

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

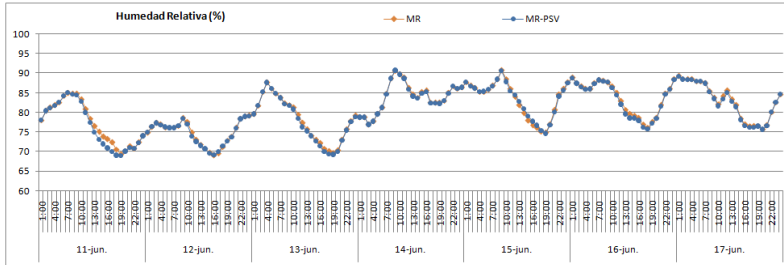


Figura 4.40: Comparación de la humedad relativa en el MR-Multiplanta y el MR-PSV de 1.0 m.

En cuanto a los rangos de valores de humedad relativa presentados por niveles, estos son: Nivel 1: de 74 % a 94 %, Nivel 2: de 66 % a 90 %, Nivel 3: de 64 % a 89 % y Nivel 4: de 61 % a 90 % (Ver figura 4.41).

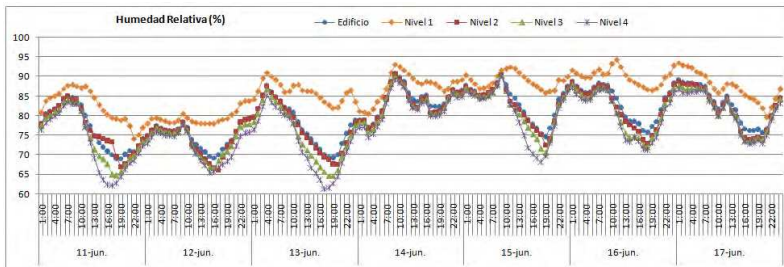


Figura 4.41: Detalle por nivel del MR-PSV de 1.0 m.

En conclusión, la utilización de parasoles como medida de sombreado para los huecos y ventanas de un edificio, genera una ligera mejora de las temperaturas promedio internas, siempre y cuando se dispongan de forma óptima, protegiendo de la radiación solar directa de forma horizontal y vertical simultáneamente.

4.3.3 Estudio de la envolvente

La transmitancia térmica de las edificaciones representa el valor que permite realizar una estimación de las ganancias y pérdidas de energía que posee el material del que está compuesto un determinado tipo de cerramiento. A partir de este punto en cuestión, el determinar que tan cerca se encuentran las temperaturas operativas internas de una edificación, con respecto a las temperaturas establecidas en el rango de confort definido por la ASHRAE¹ en la norma ANSI/ASHRAE 55, es parte integral de esta investigación.

Para ello se han planteado varias alternativas de soluciones constructivas de cerramientos, actuando de forma separada sobre la cubierta, las fachadas y también de forma simultánea, combinando la modificación de cubierta-fachadas.

Las soluciones constructivas modelizadas en la edificación que se tiene como MR-multifamiliar, son las mismas analizadas en el Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel, en la sección de Estudio de la Envolvente. En algunas soluciones, se han mantenido las mismas capas de la resolución constructiva tradicional, alterando únicamente los materiales utilizados en el revestimiento, por otros con mejores prestaciones, buscando alterar lo menos posible las técnicas constructivas presentes en el país. También se han planteado otras alternativas de mejora, que sugieren añadir capas adicionales a la solución constructiva existente, de materiales con una conductividad térmica más baja, de forma que aumente el aislamiento del edificio reduciendo la transmitancia térmica del cerramiento.

El MR-multifamiliar utilizado en todos los análisis de la envolvente, tomado como marco para las comparativas, está compuesto por 578.21m² de área total de edificio, divididos en 4 apartamentos de 130.66 m² y 13.88 m² en cada área de escalera. La superficie total de cubierta tiene 143.73 m², 868.36 m² de área de muros de fachada, y 188.03 m² de huecos de ventanas (sobre las cuales no se actúa en esta investigación, permaneciendo las ventanas salomónicas tipo AA tradicionales ²).

Es importante destacar que a la hora de actuar en esta edificación multifamiliar, la única posibilidad de mejorar las temperaturas interiores en todos los niveles del

¹American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

²Ventanas hechas por celosías, tanto en vidrio como en aluminio, de un valor económico mínimo.

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

edificio es realizando los ajustes en su superficie total de fachada, ya que trabajar sobre la cubierta, solo afectaría en su mayor proporción al nivel 4. Como es evidente, sería más económico el trabajar en la cubierta, por tener una superficie menor y también, ya que es donde el sol incide prácticamente perpendicular a dicha área todo el año, pero esto no representaría un significativo ajuste para los demás niveles de la edificación, aunque bajando la temperatura interior del nivel más alto, algo se notará en el temperatura interior del nivel inferior siguiente.

Las temperaturas operativas internas obtenidas en cada uno de los modelos propuestos, simulados en la semana (168 horas) de diseño más desfavorable (11 Junio - 17 Junio) y para una orientación Sur - 0° de su fachada frontal, se comparan con el rango de temperaturas de confort según la ASHRAE (23.6 °C- 27.7 °C) para la ubicación de estudio con respeto a MR, calculando el número de horas en que la vivienda se encuentra en confort y desconfort térmico.

4.3.3.1 Cubierta para el edificio multiplanta

Para la cubierta de la edificación, la cual está resuelta con una losa maciza de hormigón armado, se presentan ocho (8) soluciones constructivas alternativas, cuatro soluciones principales (C1, C2, C3 y C4) y cuatro soluciones adicionales (C1b, C2b, C3b y C4b) donde se reemplaza una capa de la solución base con un material distinto de la solución principal con mejores prestaciones térmicas. Las ocho alternativas para solución de cubierta están desarrolladas en detalle según sus materiales y características en los cuadros 4.7 y 4.9. Se debe tener en cuenta, que en estas simulaciones, solo será modificado el cerramiento de cubierta, es por ello que el cerramiento de las fachadas seguirá siendo la fachada del modelo de referencia: FR y los techos entre nivel se utiliza la composición constructiva del CR, ambos detallados en el cuadro 3.3.

Las diferentes soluciones constructivas de cubierta han arrojado una serie de resultados de interés, los cuales se presentan según las cuatro siguientes categorías: en el cuadro 4.22-**A** en función de la transmitancia térmica resultante en el cerramiento, en el cuadro 4.22-**B** en función del coste de implementación de la alternativa constructiva en el presupuesto de la edificación, en cuadro 4.23 en función de las 168 Horas de la semana de estudio y en el cuadro 4.24 en función del porcentaje de confort térmico obtenido.

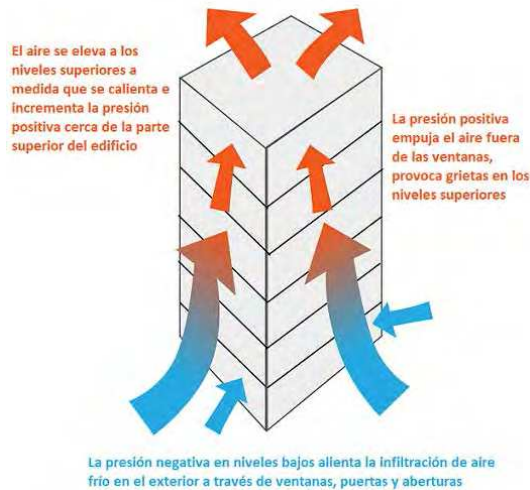
		Transmitancia	MR	C1-FR	C1b-FR	C2-FR	C2b-FR	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR
		A		CR	2.423	1.411	0.974	1.446	1.013	1.813	1.18
(W/m²K)		FR	2.451								
		Mejora (%)		41.77%	59.80%	40.32%	58.19%	25.18%	51.30%	76.68%	80.02%
B		Coste	MR	C1-FR	C1b	C2-FR	C2b-FR	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR
		Incremento		1.12%	1.83%	0.87%	2.00%	0.40%	1.53%	-0.57%	0.55%
(%)											

Cuadro 4.22: Transmitancia térmica y coste de implementación de las alternativas.

Los resultados de las simulaciones muestran que en esta edificación se está manifestando el llamado *Efecto Chimenea* [99]. Este comportamiento se presenta en el edificio, ya que el aire caliente es más "ligero" que el aire frío, por lo que se eleva de forma natural, acumulándose en la parte superior de la edificación. El aire caliente se acumula en la parte superior del edificio, creando una presión relativa alta o "positiva" que empuja el aire fuera del edificio (Ver figura: 4.42). Esto provoca

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

que el apartamento ubicado en el nivel 4 del edificio analizado sea el más cálido de toda la edificación, y el del nivel 1 el más fresco [100].



(a) Fuente: amienviromental.com

Figura 4.42: Diagrama de cómo trabaja el efecto chimenea en el edificio.

A continuación se describen las diferentes soluciones constructivas y los resultados obtenidos en función de la transmitancia térmica y el coste de implementación de las alternativas constructivas para el edificio (Cuadro:4.22):

- *CI-FR*: En esta primera alternativa, la idea es la de sustituir el mortero interior de Cal-Arena de la cubierta por un mortero de baja conductividad, aplicándose un espesor de dos (2) cm, lo cual mejora la transmitancia térmica del cerramiento en un 41.77 % respecto de la Cubierta de Referencia (CR). Por otro lado, la implementación de esta alternativa genera un incremento en el presupuesto de la vivienda de 1.12 %.
- *CIb-FR*: Esta solución es similar a la anterior, donde se sustituye el mortero interior de Cal-Arena de la cubierta, por un mortero de resistencia térmica mejorada, aunque en este caso el espesor es de cuatro (4) cm. Lo que genera una mejora en la transmitancia térmica de la cubierta en un 59.80 %

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

con respecto a la cubierta de referencia (CR). En el plano económico, esta alternativa incrementa en 1.83 % el coste total de la vivienda.

- *C2-FR*: Esta cubierta varía completamente la forma tradicional de tratar el exterior de la losa de hormigón de la cubierta, generando una cámara de aire sobre la losa de hormigón, al colocarle una terminación con una placa de fibrocemento, permitiendo reducir la transmitancia en un 40.32 % con respecto a CR. Utilizar esta solución de cubierta aumenta el presupuesto de la vivienda en 0.87 %.
- *C2b-FR*: En esta cubierta se plantea la misma variación que en la cubierta anterior, colocando una cámara de aire entre la losa de hormigón y dándole terminación con una placa de fibrocemento, y adicionándole en el interior de la cubierta, un mortero de resistencia térmica mejorada, de dos (2) cm en el espesor. Lo que genera una mejora en la transmitancia térmica de la cubierta en un 58.19 % con respecto a la cubierta de referencia (CR). En el ámbito económico, la alternativa anteriormente expuesta, aumenta el presupuesto total de la vivienda en 2.00 %.
- *C3-FR*: Para esta resolución constructiva la modificación a la cubierta ha consistido en agregar cinco (5) cm de grava a la CR, optimizando su resistencia térmica en un 25.18 %. El coste de la solución incrementa el presupuesto total de la vivienda en 0.40 %.
- *C3b-FR*: Esta alternativa plantea el uso de los cinco (5) cm de grava en el exterior por encima de la capa de impermeabilidad de la losa de hormigón, al igual que unos dos (2) cm de mortero de baja conductividad. De esto resulta una resistencia térmica mejorada en un 51.30 % con respecto a la del CR. En el plano económico, esta alternativa aumenta en 1.53 % el presupuesto total de la vivienda.
- *C4-FR*: Se han añadido dos capas de material aislante: una capa de grava suelta que queda como terminación exterior de cinco (5) cm de espesor, y otra, igualmente de 5cm de espesor, de poliestileno expandido situada entre la losa y grava, lo que proporciona una reducción en la transmitancia térmica de

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

la cubierta de un 76.68 % con respecto a la CR. Implementar esta alternativa en la construcción de una vivienda, reduce el presupuesto en 0.57 %.

- *C4b-FR*: En esta cubierta se plantea la misma variación que en la cubierta anterior, añadir dos capas de material aislante: una capa de cinco (5) cm de espesor de grava suelta y otra de cinco (5) cm de espesor de poliestileno expandido situada entre la losa y grava, y en la capa interior colocar una capa de mortero de baja conductividad de dos (2) cm de espesor. La transmitancia térmica de la cubierta se ve reducida en un 80.02 % con respecto a la CR. El presupuesto de la vivienda se ve incrementado en 0.55 %, si se utiliza esta solución de cubierta.

	Horas	MR	C1-FR	C1b-FR	C2-FR	C2b-FR	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR
Edificio	Confort	92	94	96	94	96	93	96	97	97
	Disconfort	76	74	72	74	72	75	72	71	71
	Ganancias		2	4	2	4	1	4	5	5
Nivel 4	Confort	58	61	63	57	61	55	60	65	66
	Disconfort	110	107	105	111	107	113	108	103	102
	Ganancias		3	5	-1	3	-3	2	7	8
Nivel 3	Confort	74	76	76	75	76	75	76	77	76
	Disconfort	94	92	92	93	92	93	92	91	92
	Ganancias		2	2	1	2	1	2	3	2
Nivel 2	Confort	84	84	84	84	84	84	84	84	84
	Disconfort	84	84	84	84	84	84	84	84	84
	Ganancias		0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel 1	Confort	165	165	165	165	165	165	165	165	165
	Disconfort	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Ganancias		0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 4.23: Resultados en función de horas de confort de las Soluciones de Cubiertas.

Según lo que se muestra en el cuadro 4.23, las horas de confort que aportan cada una de las soluciones constructivas de cubiertas, modelizadas en el edificio son mínimas. Desde el punto de vista del edificio, las horas de confort adicionales

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

aportadas van desde 1 a 5 horas de confort, adicionales a las horas de bienestar interior conseguidas con la solución constructiva tradicional que el MR-multiplanta representa (92 hrs.). Por ejemplo, en los modelos C4-FR y C4b-FR se presentan incrementos considerables de 5 horas de confort. Si nos adentramos en los resultados por nivel, se puede apreciar que en algunos niveles no se consigue ningún cambio en las horas de confort (Nivel 1 y Nivel 2), o el cambio es negativo (Nivel 4 en C2-FR: -1 hr. y C3-FR: -3 hrs.), es decir que se reducen dichas horas de confort en relación a las obtenidas del MR-multiplanta.

	Confort	MR	C1-FR	C1b	C2-FR	C2b-FR	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR
Edificio	Mejora		1.19%	2.38%	1.19%	2.38%	0.60%	2.38%	2.98%	2.98%
	Total	54.76%	55.95%	57.14%	55.95%	57.14%	55.36%	57.14%	57.74%	57.74%
Nivel 4	Mejora		1.79%	2.98%	-0.60%	1.79%	-1.79%	1.19%	4.17%	4.76%
	Total	34.52%	36.31%	37.50%	33.93%	36.31%	32.74%	35.71%	38.69%	39.29%
Nivel 3	Mejora		1.19%	1.19%	0.60%	1.19%	0.60%	1.19%	1.79%	1.19%
	Total	44.05%	45.24%	45.24%	44.64%	45.24%	44.64%	45.24%	45.83%	45.24%
Nivel 2	Mejora		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Total	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%
Nivel 1	Mejora		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Total	98.21%	98.21%	98.21%	98.21%	98.21%	98.21%	98.21%	98.21%	98.21%

Cuadro 4.24: Resultados de porcentaje de confort térmico de las Soluciones de Cubiertas.

El efecto chimenea que se presenta en la edificación, se destaca en el nivel 4 donde las temperaturas operativas interiores registradas son las más altas y presentes por mayor tiempo. En el cuadro 4.24 muestra los resultados en función de porcentaje de mejora, respecto al modelo base (MR-multiplanta). Si observamos el comportamiento del edificio completo, los mayores porcentajes de mejora alcanzados se tienen en las soluciones: C4-FR y C4b-FR con 57.74 %. Las demás soluciones logran conseguir porcentajes de mejora por encima del alcanzado por el MR-multiplanta (32.74 %), de 0.60 % hasta de 2.98 %.

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

Los resultados por nivel del cuadro 4.24 muestran que en los niveles 1 y 2, no se obtiene ningún cambio en las temperaturas interiores con el cambio de la cubierta. En el nivel 3, los resultados son variables, por encima del 44.05 % original del MR-Multiplanta, con mejoras que van de 0.60 % a 1.79 %. Por último, en el nivel 4 es donde se aprovecha de forma directa el cambio de cerramiento de cubierta y es donde se obtienen los más altos y los más bajos porcentajes de mejoras (en algunos casos negativos), con son los de las soluciones C4b-FR con 4.76 % y C3-FR con -1.79 %.

En conclusión, la alternativa de cubierta con la que se alcanza el mayor porcentaje de confort térmico es la solución del modelo C4b-FR, en la que se utiliza en su capa exterior: dos capas de aislamientos, compuesta por cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar y cinco (5) cm de espesor de grava como materiales de aislamiento; y en la capa interior, una capa de mortero de baja conductividad de dos (2) cm de espesor. Esta solución constructiva incrementa en un 2.98 % el confort térmico total del edificio, alcanzando obtener 66 horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación, simplemente al sustituir la solución de cubierta CR por la C4b.

		MR	C1-FR	C1b-FR	C2-FR	C2b-FR	C3-FR	C3b-FR	C4-FR	C4b-FR	
Resultados para el edificio	Temp. Promedio	27.55	27.47	27.44	27.48	27.46	27.49	27.45	27.40	27.40	
	Temp. Max.	30.91	30.74	30.66	30.66	30.62	30.70	30.63	30.46	30.50	
	Temp. Min.	24.63	24.63	24.63	24.71	24.68	24.70	24.67	24.69	24.67	
	Humedad R. Prom.	80.58	80.74	80.82	80.73	80.79	80.69	80.79	80.95	80.93	
	Humedad R. Máx.	90.75	90.81	90.87	90.76	90.79	90.73	90.79	90.83	90.89	
	Humedad R. Min.	69.08	69.17	69.22	69.23	69.36	69.02	69.20	68.73	68.87	
Edificio											
Resultados por nivel	Temp. Promedio	28.72	28.49	28.38	28.53	28.44	28.56	28.43	28.25	28.25	
	Temp. Max.	33.37	32.77	32.48	32.45	32.34	32.57	32.37	31.67	31.88	
	Temp. Min.	25.07	25.06	25.07	25.36	25.27	25.31	25.23	25.36	25.23	
	Nivel 4		28.09	28.04	28.02	28.05	28.03	28.06	28.03	27.99	28.00
	Temp. Max.	31.80	31.70	31.64	31.65	31.63	31.68	31.64	31.53	31.55	
	Temp. Min.	25.02	25.00	24.99	25.04	24.97	25.02	25.02	24.97	25.00	
	Nivel 3		27.69	27.67	27.67	27.68	27.67	27.68	27.67	27.66	27.66
	Temp. Max.	30.93	30.90	30.88	30.89	30.89	30.90	30.89	30.86	30.86	
	Temp. Min.	24.74	24.73	24.73	24.74	24.76	24.74	24.74	24.73	24.73	
	Nivel 2		25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73	25.73
	Temp. Max.	27.84	27.83	27.83	27.83	27.83	27.83	27.83	27.82	27.82	
	Temp. Min.	23.70	23.71	23.71	23.70	23.71	23.70	23.70	23.71	23.69	
	Nivel 1										

Cuadro 4.25: Resultados de las Simulaciones de las Soluciones de Cubiertas

En el cuadro 4.25 se muestra las temperaturas operativas y humedades relativas

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

promedio, máximas y mínimas de la edificación analizada, tomando como punto de partida el MR-multiplanta y seguida de las diferentes alternativas de cubierta modelizada. Aquí se puede ver, la escasa reducción las temperaturas y el ligero aumento en la humedad relativa, desde el punto de vista del edificio completo. Los valores más relevantes en la reducción de las temperaturas internas se consiguen en el nivel 4 de hasta 0.47°C . En este caso se concluye que, la solución C4b-FR (27.40°C y $80.93\% \text{ HR}$) es la que logra conseguir la mayor reducción, en relación a los 27.55°C y $80.58\% \text{ HR}$ que logra obtener del MR-multiplanta: CR-FR.

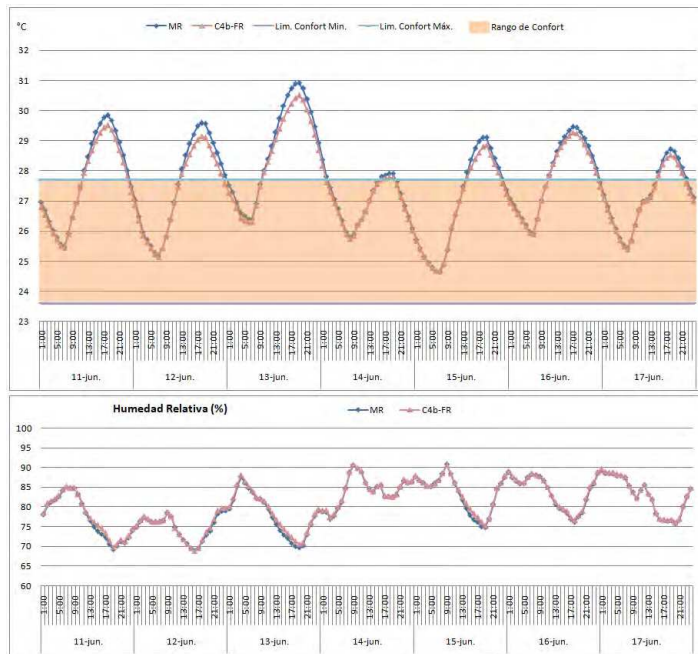


Figura 4.43: Mejor solución de cubierta para el edificio multiplanta.

La actuación únicamente sobre la cubierta en los edificios multiplantas, no es una solución viable, ya que no representa cambios significativos en la reducción de las temperaturas internas del edificio, como se muestra en la gráfica comparativa de la figura 4.43 del modelo de referencia (CR-FR) y la solución de cubierta con mejores resultados (C4b-FR).

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

4.3.3.2 Fachada para el edificio multiplanta

El cerramiento tradicional de fachada, se basa en muros portantes que sirven de apoyo a la losa maciza de hormigón armado de cubierta, constituidos por bloques de hormigón de 8” (20cm), debidamente armados con barras de acero, estructura que describe como solución mínima de fachada portante en el MR-009 para las soluciones constructivas de fachada.

Como alternativa de mejora para las fachadas, al igual que en el Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel, se plantea modificar solamente la capa de recubrimiento del cerramiento, tanto en su espesor como en el tipo de material utilizado para la misma. Para ello, se presentan cuatro (4) alternativas principales F1, F2, F3 y F4, y cuatro (4) soluciones adicionales: F1b, F2b, F3b y F4b. Los materiales y características de cada una de las ocho (8) soluciones constructivas planteadas se presentan en los cuadros 4.10 y 4.12. El cerramiento utilizado en la cubierta para todas las alternativas planteadas, seguirá siendo la cubierta del modelo de referencia CR, es decir, que sólo se sustituirán las soluciones planteadas por la fachada de referencia FR, ambos detallados en el cuadro 3.3.

Las diferentes soluciones constructivas de fachadas dispuestas para análisis en un edificio multiplanta, ha arrojado una serie de resultados de interés, los cuales se presentan según las cuatro siguientes categorías: en el cuadro 4.26-A en función de la transmitancia térmica resultante en el cerramiento, en el cuadro 4.26-B en función del coste de implementación de la alternativa constructiva en el presupuesto de la edificación, en el cuadro 4.27 en función de las 168 horas de la semana de estudio y en el cuadro 4.28 en función del porcentaje de confort térmico obtenido.

	Transmitancia	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
A (W/m²K)	CR	2.423								
	FR	2.451	1.42	1	1.328	0.953	0.603	0.512	0.562	0.482
	Mejora (%)		42.06%	59.20%	45.82%	61.12%	75.40%	79.11%	77.07%	80.33%
B (%)	Coste	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	Incremento	-	9.06%	18.12%	17.42%	26.48%	8.94%	18.00%	9.40%	18.46%

Cuadro 4.26: Transmitancia térmica y coste de implementación de las alternativas.

Se detallan en los párrafos siguientes las diferentes soluciones constructivas y los resultados obtenidos en él, en función de la transmitancia térmica y el coste de

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

implementación de las alternativas constructivas para el edificio (Cuadro: 4.26):

- *CR-F1*: En esta primera alternativa, la idea es la de sustituir el mortero exterior de Cal-Arena de la fachada por un mortero de baja conductividad, aplicándose un espesor de dos (2) cm, lo cual mejora la transmitancia térmica del cerramiento en un 42.06 % respecto de la Fachada de Referencia (FR). Esta solución incrementa el presupuesto total de la vivienda en 9.06 %.
- *CR-F1b*: Esta propuesta sustituye el mortero de Cal-Arena de las capas exterior e interior del muro de bloque, por un mortero de resistencia térmica mejorada, de un espesor dos (2) cm por ambas caras. Esto permite que la transmitancia térmica del cerramiento de fachada presente una mejora del 59.20 % con respecto a FR. Esta alternativa genera un aumento de 18.12 % en el presupuesto total de la vivienda .
- *CR-F2*: En esta fachada, se varía completamente la forma tradicional de tratar el exterior del muro de bloques de hormigón, colocando una cámara de aire entre el muro de bloques y la terminación final resuelta con una capa de ladrillos huecos de cinco (5) cm, permitiendo reducir la transmitancia en un 45.82 % con respecto a FR. Económicamente, la implementación de esta solución incrementa el presupuesto de una vivienda en 17.42 %.
- *CR-F2b*: En esta fachada se plantea la misma variación que en la fachada anterior, modificando la forma tradicional de tratar el exterior del muro de bloques de hormigón, colocando una cámara de aire entre el muro de bloques y dándole terminación con una capa de ladrillos huecos de cinco (5) cm, y adicionalmente se agregó una capa interior de dos (2) cm de mortero de baja conductividad, permitiendo reducir la transmitancia en un 61.12 % con respecto a FR. En el ámbito económico, esta alternativa aumenta el presupuesto del edificio residencial en 26.48 %.
- *CR-F3*: La modificación planteada en esta alternativa, es la adición de una capa de aislamiento (5 cm de poliestireno expandido) antes de la capa externa final del muro, manteniendo las demás capas iguales. Comparativamente, este diseño permite un 75.40 % de protección frente al calor que entra por

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

los muros, proporcionando una mayor reducción en la transmitancia térmica del cerramiento de fachada. Y desde el punto de vista económico, la solución representa un 8.94 % de aumento en el presupuesto de la edificación original.

- *CR-F3b*: Esta solución es similar a la anterior, adicionando una capa interior de dos (2) cm de mortero de alta resistencia térmica. Lo que permite que se alcance un 79.11 % de mejora de la conductividad del cerramiento. La implementación de esta alternativa constructiva incrementa el coste de la vivienda en 18.00 %.
- *CR-F4*: La dos capas de material aislante de la que dispondrá esta alternativa: una capa de 5cm de poliestireno expandido y una lámina de dos (2)cm de madera de pino, proporciona a la fachada una reducción en la transmitancia térmica de un 77.07 % con respecto a la FR. Esta solución aumenta el presupuesto total de la vivienda en 9.40 %.
- *CR-F4b*: En esta alternativa, se plantea de igual forma que la anterior fachada, con dos capas de material aislante en el exterior, adicionalmente se aplica una capa en el interior del muro de dos (2) cm de mortero de baja conductividad. Este tratamiento proporciona a la fachada una reducción en la transmitancia térmica de un 80.33 % con respecto a la FR. Utilizar esta solución constructiva de fachada genera un coste de 18.46 % superior al coste de la vivienda original.

Según lo que se muestra en el cuadro 4.27, las horas de confort que aportan cada una de las soluciones constructivas de fachadas, modelizadas en el edificio son mínimas con el simple cambio de la cubierta. Estas horas de confort adicionales aportadas van desde 4 a 16 horas de confort, adicionales a las horas de bienestar interior conseguidas con la solución constructiva tradicional que el MR-multiplanta representa (92 hrs.). Por ejemplo, en los modelos CR-F3 y CR-F3b se presentan incrementos considerables de 15 y 16 horas de confort. Todas las soluciones de fachadas proporcionan un incremento en función de horas de confort, por encima de las proporcionadas por el MR-multiplanta. Todo estos resultados se visualizan desde el punto de vista del edificio. Si nos adentramos en los resultados por nivel, se puede apreciar que en algunos niveles se producen los mayores beneficios frente

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

	Horas	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
Edificio	Confort	92	96	99	97	102	107	108	103	105
	Disconfort	76	72	69	71	66	61	60	65	63
	Ganancias		4	7	5	10	15	16	11	13
	Horas	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
Nivel 4	Confort	58	58	59	58	59	59	59	59	59
	Disconfort	110	110	109	110	109	109	109	109	109
	Ganancias		0	1	0	1	1	1	1	1
	Horas	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
Nivel 3	Confort	74	77	80	77	81	81	81	79	80
	Disconfort	94	91	88	91	87	87	87	89	88
	Ganancias		3	6	3	7	7	7	5	6
	Horas	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
Nivel 2	Confort	84	92	94	95	95	100	102	95	97
	Disconfort	84	76	74	73	73	68	66	73	71
	Ganancias		8	10	11	11	16	18	11	13
	Horas	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
Nivel 1	Confort	165	168	167	168	167	167	167	166	168
	Disconfort	3	0	1	0	1	1	1	2	0
	Ganancias		3	2	3	2	2	2	1	3

Cuadro 4.27: Resultados en función de horas de confort de las Soluciones de fachadas.

a los cambios en los muros de fachadas, como son los niveles 2 y 3, llegando a conseguir hasta 18 y 7 horas de confort respectivamente. Por otro lado, esto deja a los niveles 1 y 4, incrementos de 3 a 1 hora de confort más que las del MR-multiplanta.

El efecto chimenea que se presenta en la edificación, se destaca en el nivel 4 donde las temperaturas operativas interiores registradas son las más altas y presentes por mayor tiempo. En el cuadro 4.28 muestra los resultados en función de porcentaje de mejora, respecto al modelo base (MR-multiplanta). Si observamos el comportamiento del edificio completo, los mayores porcentajes de mejora alcanzados se tienen en las soluciones: CR-F3 y CR-F3b con 63.69 % y 64.29 % respectivamente. Las demás soluciones logran conseguir porcentajes de mejora por encima del alcanzado por el MR-multiplanta (54.76 %), de 2.98 % hasta de 9.52 % por encima.

Los resultados por niveles del cuadro 4.28 muestran que en el nivel 1 se llega a alcanzar desde el 98.81 % a el 100 % de mejora, indicando esto que este nivel logra

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

	Confort	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
Edificio	Mejora		2.38%	4.17%	2.98%	5.95%	8.93%	9.52%	6.55%	7.74%
	Total	54.76%	57.14%	58.93%	57.74%	60.71%	63.69%	64.29%	61.31%	62.50%
Nivel 4	Confort	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	Mejora		0.00%	0.60%	0.00%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%
	Total	34.52%	34.52%	35.12%	34.52%	35.12%	35.12%	35.12%	35.12%	35.12%
Nivel 3	Confort	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	Mejora		1.79%	3.57%	1.79%	4.17%	4.17%	4.17%	2.98%	3.57%
	Total	44.05%	45.83%	47.62%	45.83%	48.21%	48.21%	48.21%	47.02%	47.62%
Nivel 2	Confort	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	Mejora		4.76%	5.95%	6.55%	6.55%	9.52%	10.71%	6.55%	7.74%
	Total	50.00%	54.76%	55.95%	56.55%	56.55%	59.52%	60.71%	56.55%	57.74%
Nivel 1	Confort	MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b
	Mejora		1.79%	1.19%	1.79%	1.19%	1.19%	1.19%	0.60%	1.79%
	Total	98.21%	100.00%	99.40%	100.00%	99.40%	99.40%	99.40%	98.81%	100.00%

Cuadro 4.28: Resultados de porcentaje de confort térmico de las Soluciones de fachadas.

alcanzar que las 168 horas de la semana de estudio estén completamente dentro del rango de confort establecido. Las mejoras proporcionadas en el nivel 2 superan el 50 %, llegando a alcanzar hasta un 60.71 % en la solución CR-F3b. En el nivel 3, los resultados son variables, por encima del 44.05 % original del MR-Multiplanta, con mejoras que van de 1.79 % a 4.17 %. Por último, en el nivel 4 es donde se obtienen los más bajos porcentajes de mejoras (en algunos casos nulos), los cuales van de 0.00 % a 0.60 %.

En conclusión, la alternativa de fachada con la que se alcanza el mayor porcentaje de confort térmico es la solución del modelo CR-F3b, constituida por una capa de aislamiento (5 cm de poliestireno expandido) antes de la capa externa final del muro, manteniendo las demás capas iguales y añadiendo una capa interior de dos (2) cm de mortero de alta resistencia térmica. Esta solución constructiva incrementa en un 9.52 % el confort térmico total del edificio, alcanzando obtener 108 horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación, simplemente al sustituir la FR por la F3b.

En el cuadro 4.29 se muestra las temperaturas operativas y humedades relativas promedio, máximas y mínimas de la edificación analizada, tomando como punto

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

		MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b		
Resultados para el edificio	Temp. Promedio	27.55	27.37	27.32	27.34	27.30	27.19	27.17	27.25	27.25		
	Temp. Max.	30.91	30.30	30.33	30.19	30.27	29.88	29.83	30.15	29.97		
	Temp. Min.	24.63	24.74	24.63	24.77	24.65	24.73	24.72	24.66	24.79		
	Humedad R. Prom.	80.57	81.29	81.52	81.44	81.61	82.06	82.13	81.85	81.85		
	Humedad R. Máx.	90.75	90.75	91.05	90.65	91.14	91.29	91.32	91.23	91.20		
	Humedad R. Mín.	69.08	69.86	70.03	70.08	70.37	70.75	70.76	70.53	70.60		
Edificio		→										
		MR	CR-F1	CR-F1b	CR-F2	CR-F2b	CR-F3	CR-F3b	CR-F4	CR-F4b		
Resultados por nivel	Temp. Promedio	28.72	28.67	28.66	28.66	28.65	28.61	28.60	28.66	28.66		
	Temp. Max.	33.37	33.08	33.24	33.03	33.22	32.92	32.90	33.21	32.98		
	Temp. Min.	25.07	25.24	25.15	25.28	25.16	25.31	25.31	25.19	25.35		
	Nivel 4											
	Temp. Promedio	28.09	27.98	27.96	27.95	27.94	27.85	27.84	27.93	27.91		
	Temp. Max.	31.80	31.28	31.38	31.18	31.32	30.88	30.84	31.24	30.99		
	Temp. Min.	25.02	25.15	25.05	25.17	25.05	25.18	25.17	25.09	25.24		
	Nivel 3											
	Temp. Promedio	27.69	27.49	27.44	27.45	27.42	27.29	27.26	27.36	27.35		
	Temp. Max.	30.93	30.17	30.13	30.04	30.05	29.60	29.53	29.86	29.71		
	Temp. Min.	24.74	24.85	24.71	24.89	24.76	24.83	24.83	24.79	24.90		
	Nivel 2											
	Temp. Promedio	25.73	25.41	25.28	25.35	25.24	25.06	25.02	25.10	25.12		
	Temp. Max.	27.84	27.01	26.85	26.88	26.77	26.43	26.37	26.58	26.50		
	Temp. Min.	23.70	23.70	23.57	23.71	23.59	23.57	23.57	23.54	23.63		
	Nivel 1											

Min. —
Máx. +

Cuadro 4.29: Resultados de las Simulaciones de las Soluciones de fachadas

de partida el MR-multiplanta y seguida de las diferentes alternativas de cubierta modelizada. Aquí se puede ver, que al igual que en las soluciones de cubiertas, se produce una reducción en las temperaturas internas y el ligero aumento en las humedades relativas, desde el punto de vista del edificio completo. Los valores más relevantes en la reducción de las temperaturas internas se consiguen en la solución CR-F3b de 0.38°C. Es concluyente que la solución de fachada CR-F3b (27.17°C y 82.13 % HR) es la que logra conseguir la mayor reducción, en relación a los 27.55°C y 80.57 % HR que logra obtener del MR-multiplanta: CR-FR.

En definitiva, para los edificios de múltiples niveles, la actuación sobre la fachada, es una solución que debe considerarse, ya que representa cambios significativos, aunque de forma desigual en los distintos niveles, en la mejora de las temperaturas internas del edificio, acompañado de un aumento en sus humedades relativas.

La mejora de las temperaturas internas en los edificios multiplantas, son más significativas cuando se trabaja sobre las fachadas que cuando se actúa únicamente en las cubiertas, esto es debido a que en estas edificaciones el área de exposición solar es mayor en los muros del edificio, aunque las cubiertas reciban la proyección del sol de forma directa. En la gráfica comparativa de la figura 4.44, se observa que

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

el modelo de referencia (CR-FR) y la solución de cubierta con mejores resultados (CR-F3b) presentan una mayor diferencia, siendo esta para mejor.

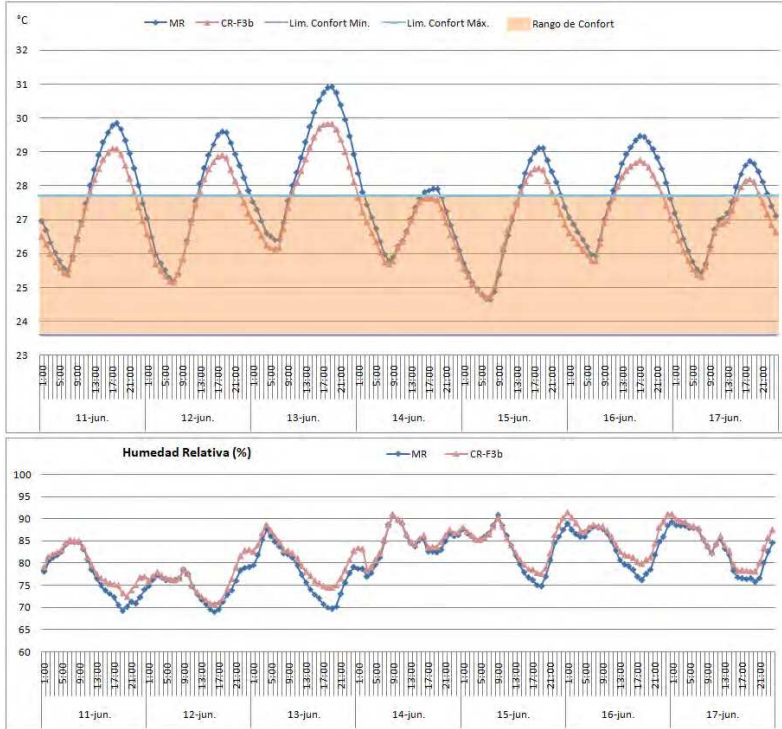


Figura 4.44: Mejor solución de fachada para el edificio multiplanta.

4.3.3.3 Solución constructiva combinada Cubierta + Fachada para el edificio multiplanta

Tras realizar las anteriores simulaciones en la edificación multiplanta, se plantea hacer una solución que combine las mejores alternativas obtenidas en los estudios de cubiertas y fachadas desde el punto de vista del confort. De esta forma, se quiere observar como la combinación de ambas soluciones, mejora las condiciones de confort en el interior de la vivienda. De acuerdo a este planteamiento se genera el modelo: Cubierta 4b y Fachada 3b (C4b-F3b), para ser comparado con el modelo de referencia MR: CR-FR.

La solución C4b-F3b se compone de dos capas en la fachada exterior del muro (Una capa de mortero de alta resistencia térmica de dos (2) cm , cinco (5) cm de poliestireno expandido estandar y 1.5 cm de mortero de Cal-Arena en el interior, en cuanto a la cubierta de losa maciza de hormigón armado, esta recubierta por el exterior de una capa de cinco (5) cm de Poliestireno Expandido Estandar, cinco (5) cm de grava suelta, y dos (2) cm de un mortero de alta resistencia térmica en la parte interior de la vivienda).

Los resultados obtenidos al simular la solución constructiva C4b-F3b, se presentan según las cuatro siguientes categorías: en el cuadro 4.30-**A** en función de la transmitancia térmica resultante en el cerramiento, en el cuadro 4.30-**B** en función del coste de implementación de la alternativa constructiva en el presupuesto de la edificación, en el cuadro 4.31 en función de las 168 horas de la semana de estudio y en el cuadro 4.32 en función del porcentaje de confort térmico obtenido.

		Transmitancia	MR	C4b-F3b	
A	C		2.423	0.484	
	F		2.451	0.512	
	Mejora (%)	C4b			80.02%
		F3b			79.11%
		Coste	MR	C4b-F3b	
B	Incremento		-	18.55%	

Cuadro 4.30: Transmitancia térmica y coste de implementación de las alternativas.

En el cuadro: 4.30, se muestra que la solución de cubierta logra alcanzar los 80.02 % de mejora su conductividad, y por otro lado, la alternativa de fachadas

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

logra obtener una mejora de 79.11 % en la conductividad del cerramiento. La implementación de estas dos alternativas constructivas en el edificio multiplanta, incrementa su coste en 18.55 % a su presupuesto general, que se puede decir que es un importe elevado que habría que justificar por la mejora del confort obtenido o el potencial ahorro energético a largo plazo.

	Horas	MR	C4b-F3b
Edificio	Confort	92	117
	Disconfort	76	51
	Ganancias		25
<hr/>			
	Horas	MR	C4b-F3b
Nivel 4	Confort	58	73
	Disconfort	110	95
	Ganancias		15
<hr/>			
	Horas	MR	C4b-F3b
Nivel 3	Confort	74	86
	Disconfort	94	82
	Ganancias		12
<hr/>			
	Horas	MR	C4b-F3b
Nivel 2	Confort	84	102
	Disconfort	84	66
	Ganancias		18
<hr/>			
	Horas	MR	C4b-F3b
Nivel 1	Confort	165	167
	Disconfort	3	1
	Ganancias		2

Cuadro 4.31: Resultados en función de horas de confort de las Soluciones de fachadas.

Según lo que se muestra en el cuadro 4.31, las horas de confort que aporta esta solución constructiva combinada (C4b-F3b, 117 hrs.) son las más altas conseguidas en los análisis de la edificación, en comparación con las alcanzadas con el MR (CR-FR, 92 hrs.). Estas horas de confort adicionales aportadas son de 25 horas de confort, adicionales a las horas de bienestar interior conseguidas con la solución constructiva tradicional que el MR-multiplanta representa (92 hrs.), siendo esto desde el punto de vista del edificio. Si nos adentramos en los resultados por nivel, se puede apreciar que en algunos niveles son los que se benefician mayormente

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

de los cambios en los muros de fachadas, como son los niveles 2 y 4, llegando a conseguir hasta 18 y 15 horas de confort respectivamente. Por otro lado, esto deja a los niveles 1 y 3, con incrementos de 2 a 12 horas de confort más que las del edificio de referencia multiplantas, aunque es difícil mejorar el confort del nivel 1, que es casi del 100 %, ya en el modelo de referencia.

El cuadro 4.32 muestra los resultados en función de porcentaje de mejora, respecto al modelo base (MR-multiplanta). La alternativa combinada presenta un 14.88 % de mejora en comparación con el modelo base. Si observamos el comportamiento del edificio completo, los mayores porcentajes de mejora alcanzados se obtienen en en el Nivel 2 de 10.71 %, dejando los demás niveles con porcentajes de: Nivel 4: 8.93 %, Nivel 3: 7.14 % y Nivel 1: 1.19 %.

En definitiva, la alternativa que combina la mejor solución de cubierta (C4b) y la mejor solución de fachada (F3b), alcanza el mayor porcentaje de confort térmico en de todas las simulaciones analizadas para el edificio multiplantas. Esta solución constructiva incrementa en un 14.88 % el confort térmico total del edificio, alcanzando obtener 117 horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación.

	Confort	MR	C4b-F3b
Edificio	Mejora		14.88%
	Total	54.76%	69.64%
Nivel 4	Mejora		8.93%
	Total	34.52%	43.45%
Nivel 3	Mejora		7.14%
	Total	44.05%	51.19%
Nivel 2	Mejora		10.71%
	Total	50.00%	60.71%
Nivel 1	Mejora		1.19%
	Total	98.21%	99.40%

Cuadro 4.32: Resultados de porcentaje de confort térmico de las Soluciones de fachadas.

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

En el cuadro 4.33 se muestran las temperaturas operativas y humedades relativas promedio, máximas y mínimas de la edificación analizada, tomando como punto de partida el MR-multiplanta y seguida de la alternativa que combina la cubierta C4b y la fachada F3b. Desde el punto de vista del edificio, se puede notar la reducción de las temperaturas interiores, donde las temperaturas máximas se reducen en 1.67°C, las mínimas se ven incrementadas en 0.09°C, dejando que las temperaturas promedios tengan una reducción de 0.58°C. Por nivel, las temperaturas internas tienen reducciones de 0.72°C en los niveles 1 y 4, de 0.40°C en el nivel 3 y de 0.50°C en el nivel 2. En cuanto a las humedades relativas, los valores se ven incrementados en: 2.10 % en HR Promedio, en 0.86 % en HR Máxima y 1.81 % en HR Mínima.

		MR	C4b-F3b
Resultados para el edificio	Temp. Promedio	27.55	26.97
	Temp. Max.	30.91	29.24
	Temp. Min.	24.63	24.72
	Humedad R. Prom.	80.57	82.67
	Humedad R. Máx.	90.75	91.61
	Humedad R. Mín.	69.08	70.89
Edificio		→	

		MR	C4b-F3b	
Resultados por nivel	Temp. Promedio	28.72	28.00	
	Temp. Max.	33.37	30.85	
	Temp. Min.	25.07	25.41	
	Nivel 4			
	Temp. Promedio	28.09	27.69	
	Temp. Max.	31.80	30.39	
	Temp. Min.	25.02	25.11	
	Nivel 3			
	Temp. Promedio	27.69	27.17	
	Temp. Max.	30.93	29.43	
	Temp. Min.	24.74	24.80	
	Nivel 2			
	Temp. Promedio	25.73	25.01	
Temp. Max.	27.84	26.35		
Temp. Min.	23.70	23.54		
Nivel 1				

Min. -



Máx. +

Cuadro 4.33: Resultados de las Simulaciones de la mejor combinación de Cubierta y Fachada.

Para visualizar y comparar el comportamiento de las temperaturas y de las humedades relativas, en la semana de estudio más cálida (11 Junio - 17 Junio) tenemos la gráfica de la figura 4.45. En la misma, se puede apreciar que la solución

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

combinada (C4b-F3b) se acerca mucho más a los estándares de confort, que el MR-multiplanta, obteniendo mejoras en cuanto a horas de confort del 14.88 %, permitiendo que las temperaturas operativas estén dentro del rango de confort en un 69.64 %, es decir 117 horas del tiempo total del análisis (168 horas), dejando las restantes 51 horas de la semana, por encima del rango de confort establecido, un cambio sustancial respecto a las 76 horas que presenta el MR-multiplanta.

Es interesante destacar que esta mejora en las temperaturas internas de la vivienda, representa en el ámbito económico un aumento de los costes totales de 18.55 %.

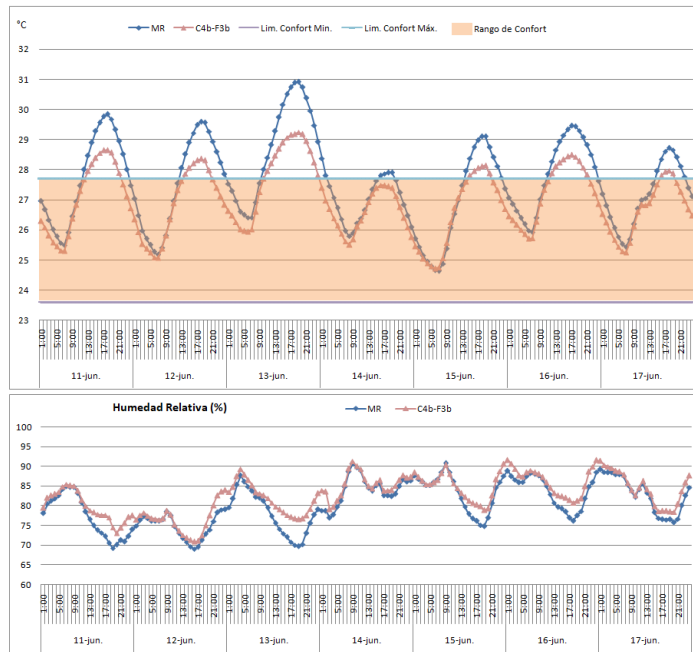


Figura 4.45: Mejor Combinación de Cubierta y Fachada: C4b-F3b para la semana más cálida.

Esta alternativa constructiva, es también válida para la época más fría del año en el República Dominicana, según nos muestra la figura 4.46. En la semana donde la temperaturas son las más bajas (15 Enero - 21 Enero), se obtiene un 91.67 % de

4.3 Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles

confort dentro del edificio, es decir 154 horas del tiempo total del análisis que son 168 horas. Dejando a las 14 horas restantes fuera del rango de confort.

Lo que hace a esta solución constructiva combinada (C4b-F3b) bastante buena, tanto para la semana más cálida, como para la más fría.

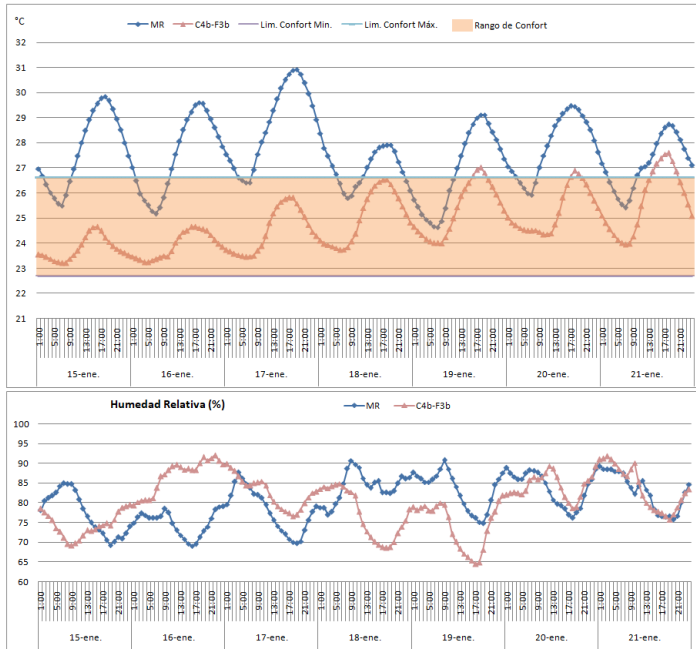


Figura 4.46: Mejor Combinaci3n de Cubierta y Fachada: C4b-F3b para la semana mas fría.

4.4 Conclusiones

Con el interés de obtener una apreciación óptima del comportamiento térmico de las viviendas analizadas, la metodología de trabajo seguida en esta tesis, nos ha permitido, con el uso de herramientas informáticas avanzadas y de última generación (DesignBuilder®), observar cuales serían las mejoras que se presentarían en las edificaciones típicas en la República Dominicana (Edificaciones residenciales de una planta y de 4 plantas), según los tres tipos de análisis: de orientación óptima, de elementos de protección solar y de la envolvente del edificio. Por consiguiente, con el entorno de evaluación presentado por dicho software de simulación energética de edificios, y el rango de tiempo establecido para estudio (semana cálida más desfavorable: 11 Junio - 17 Junio), se han desarrollado diversos análisis que nos han permitido reunir las siguientes conclusiones.

Desde el punto de vista del Análisis del edificio Unifamiliar de un nivel, se han llegado a las conclusiones que se detallan a continuación:

1. En la búsqueda de la orientación óptima, la cual será la que brinde menor exposición al sol, permitiendo que las temperaturas internas del modelo de referencia (MR) de vivienda unifamiliar presente las temperaturas más cercanas al rango de confort establecido por la ASHRAE 55 para una zona climática del tipo 1A, se concluye que:
 - Para una vivienda típica, con la distribución similar a la del MR, **la orientación más favorable** resultante de las simulaciones en las ocho orientaciones analizadas (N, NE, E, SE, S, SO, O y NO) es: la que presenta la fachada frontal al *Este - 270°*, que se toma como referencia para posteriores análisis.
 - La orientación con el comportamiento más desfavorable para la vivienda unifamiliar de 1 nivel, es la que presenta su fachada frontal al *Noroeste - 135°*, donde los valores de las temperaturas son los más altos, según las orientaciones analizadas.
 - Las humedades relativas de la mejor y peor de las orientaciones, se mantienen dentro del mismo rango de valores similares, delimitados dentro del 63 % y el 90 %.

4.4 Conclusiones

- Desde el punto de vista de las ganancias y pérdidas de calor (kW), la orientación con mayores pérdidas es la *Noreste* - 225° con un valor de 145.86kW, y la que presenta las menores pérdidas de calor es la orientación con la fachada al *Sur* 0° con un valor de 94.26kW.
 - Aunque la orientación *Este* - 270° no sea la que presenta las mayores pérdidas de calor, los valores obtenidos por la mismas son considerables y muy cercanos a los máximos (144.12kW), y como es la orientación donde las temperaturas operativas son las más bajas, la hace la óptima orientación dentro de las ocho analizadas.
2. **La utilización de aleros**, como medida de protección solar en una vivienda unifamiliar típica en la RD, **no es una medida de mejora significativa** (0.16 % de mejora en aleros de 0.50m y de 0.29 % en aleros 0.80m de prolongación) que influya en las temperaturas interiores de dicha vivienda. Es decir, que la integración de esta técnica arquitectónica, permite obtener ligeras mejoras en el confort del ambiente interior, aunque eleva considerablemente el precio del elemento constructivo de cubierta, al tener que realizar importantes voladizos en la periferia de la misma.
 3. Desde el punto de vista del estudio de la envolvente de la vivienda, la modificación de los cerramientos supone que:
 - Dentro de las diferentes alternativas de cubiertas planteadas, la llamada **C4 es que presenta mejores resultados**, dicha solución se compone de dos capas de aislamientos en la parte superior y exterior de la misma, que son cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar y cinco (5) cm de espesor de grava, es de la que se obtiene el mejor incremento de confort térmico total (**59.52 %**) **al sustituir la CR por la C4**, traducido en 100 horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación.
 - **La alternativa de fachada** con la que se alcanza el mayor porcentaje de confort térmico es la solución del **modelo CR-F3**, en la que se utiliza una capa de aislamiento, compuesta por cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar, manteniendo en gran medida la solución constructiva tradicional, es decir con uno y medio (1.5) cm de mortero de cal-arena

en las capas interiores y superiores del muro. Esta solución constructiva incrementa en un **45.83 %** el confort térmico total, llegando a obtener 77 horas de confort de las 168 horas de la semana de estudio, simplemente **al sustituir la FR por la F3**.

- Como resultado de la combinación de las mejores soluciones constructivas de cubierta y fachada planteadas, obtenemos **el modelo C4-F3**, el cual presenta en la parte exterior de la cubierta una capa de cinco (5) cm de grava suelta y 5 cm de poliestireno expandido estandar, así como con el uso de dos capas en la fachada exterior del muro de dos (2) cm de mortero de cal-arena y cinco(5) cm de poliestireno expandido estandar. Es la solución que más se acerca a los estándares de confort requeridos para esta zona climática, teniendo una mejora en cuanto a horas de confort de 54.76 %, **permitiendo que las temperaturas operativas estén dentro del rango de confort en un 94.05 % del tiempo de análisis**, reflejado en 158 horas del tiempo total de la evaluación (168 horas).

Por otro lado, desde el punto de vista del Análisis del edificio Multiplanta de 4 niveles se concluye que:

1. En cuanto a la orientación más favorable, para la construcción de edificaciones multiplantas, **con distribuciones similares a la planteada**¹, se determina que:

- **La orientación óptima** resultante de las simulaciones en las ocho orientaciones analizadas (N, NE, E, SE, S, SO, O y NO) es la que presenta la fachada frontal al **Sur - 0°**, que ha sido tomada como referencia en los estudios realizados.
- La orientación con el comportamiento más desfavorable para el MR-multiplanta, es la que presenta su fachada frontal al **Este - 270°** y al **Oeste - 90°**, donde los valores de las temperaturas son los más altos, según las orientaciones analizadas.

¹Si se cambia la distribución interior, cambia la orientación óptima. Este punto no es un objetivo de esta tesis, y su estudio puede ser tan amplio que daría para una tesis en sí.

4.4 Conclusiones

- Las humedades relativas de la mejor y peor de las orientaciones, se mantienen dentro del mismo rango de valores similares, delimitados dentro del 67 % y el 97 %.
 - Desde el punto de vista de las ganancias y pérdidas de calor (kW), la orientación con mayores pérdidas en la *Este* - 270° con un valor de 48.36kW, y la que presenta las menores pérdidas de calor es la orientación con la fachada al *Suroeste* - 45° con un valor de 2.14kW. Aunque la orientación *Sur* - 0° no sea la que presenta las mayores pérdidas de calor, presenta pérdidas considerables de 25.21kW, permitiéndose ser la orientación donde las temperaturas operativas son las más bajas, lo cual la hace la orientación óptima dentro de las ocho analizadas.
2. Dentro de las alternativas de protección solar para una edificación multiplanta en la RD, se analizaron las soluciones más utilizadas, que son los aleros y los parasoles.
- **Aleros:** La utilización de aleros, como medida de protección solar, no es una medida de mejora significativa (**siendo de 0.13 % para la edificación respecto al MR-multiplanta**) que influya en las temperaturas interiores de edificaciones multiplantas como la estudiada. Es decir, que la integración de esta técnica arquitectónica, **permite obtener ligeras mejoras en el confort del ambiente interior, aunque eleva considerablemente el precio del elemento constructivo de cubierta**, al tener que realizar importantes voladizos en la periferia de la misma.
 - **Parasoles:**
 - a) *Horizontales:* Esta medida no genera mejora alguna en las temperaturas internas de la vivienda, al contrario, éstas se ven incrementadas en 0.25 % y 0.07 % para las longitudes de 1 y 1.5 metros respectivamente, en comparación al MR-multiplanta.
 - b) *Horizontales y Verticales:* Con el uso de esta medida de protección, con longitudes de 1 metro, se consigue una mejora del 0.37 % con respecto a la no utilización de los mismos en el MR-multiplanta.

CAP. 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

c) *Verticales*: Esta opción no es habitual y menos en estas zonas, pero se tomó en cuenta de igual forma. Los resultados arrojados muestran que con la misma, las temperaturas se ven incrementadas en 0.30 % en relación a las del MR-multiplanta.

3. Desde el punto de vista del estudio de la envolvente de la vivienda, la modificación de los cerramientos supone que:

- Dentro de las diferentes alternativas de cubiertas planteadas, **el modelo C4b-FR**, que se compone de dos capas de aislamientos en la parte superior y exterior de la misma (cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar y cinco (5) cm de espesor de grava) y de una capa interior de dos (2) cm de un mortero de baja conductividad, **es de la que se obtiene el mejor incremento de confort térmico total (2.98 %) al sustituir la CR por la C4b**, traducido en 97 horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación.
- La alternativa de fachada con la que se alcanza el mayor porcentaje de confort térmico es la solución del **modelo CR-F3b**, en la que se utiliza una capa de aislamiento, compuesta por cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar, dentro la constitución constructiva tradicional, es decir con uno y medio (1.5) cm de mortero de cal-arena en la capa interior y dos (2) cm de mortero de baja conductividad en el exterior del muro. Esta solución constructiva **incrementa en un 9.52 % el confort térmico total**, llegando a obtener 105 horas de confort de las 168 horas de la semana de estudio, simplemente al sustituir la FR por la F3b.
- Como resultado de la combinación de las mejores soluciones constructivas de cubierta y fachada planteadas, obtenemos **el modelo C4b-F3b**, solución con los resultados más próximos a los estándares de confort requeridos para esta zona climática, teniendo una mejora en cuanto a horas de confort de 14.88 %, **permitiendo que las temperaturas operativas estén dentro del rango de confort en un 69.64 % del tiempo de análisis**, reflejado en 117 horas del tiempo total del evaluación (168 horas) de la semana más calurosa.

4.4 Conclusiones

- **El efecto chimenea** que se presenta en el edificio multiplanta, **provoca que las temperaturas interiores vayan incrementándose según se incrementa el nivel.** Dejando a la planta baja (Nivel 1) con las mejores temperaturas promedio de 25.73°C y a la planta superior (Nivel 4) con la más alta temperatura promedio, 28.72°C .

Cuando las generaciones futuras juzguen a las que vinieron antes respecto a temas ambientales, tal vez lleguen a la conclusión de que no sabían: evitemos pasar a la historia como las generaciones que sí sabían, pero no les importó.

Mikhail Gorbachev

CAPÍTULO

5

Conclusiones y líneas de investigación futuras

RESUMEN

En este capítulo se sintetizan las principales conclusiones obtenidas de la investigación presentada para esta tesis doctoral, tanto en la metodología de actuación planteada, así como en las simulaciones y análisis de los dos casos de estudio de las edificaciones residenciales más predominantes en la República Dominicana. Por otro lado, también se plantean nuevas líneas de investigación, las cuales, ayuden a completar el conocimiento generado por los resultados y conclusiones obtenidos, así como la puesta en práctica de las mismas.

5.1 Conclusiones

Con el interés de que las conclusiones a las que esta investigación ha llegado, estén debidamente organizadas y para su mayor comprensión, se han agrupado las mismas en las siguientes secciones.

- a) Conclusiones referidas al problema
- b) Conclusiones referidas a la metodología
- c) Conclusiones por caso de estudio
 - Caso 1: Edificio Unifamiliar de un nivel
 - Caso 2: Edificio Multiplanta de 4 niveles

5.1.1 Conclusiones referidas al problema

República Dominicana es un país económicamente aún en vía de desarrollo, con una población nacional de aproximadamente 10 millones de personas, donde la mayoría de sus habitantes se encuentran en la clase social más baja y de escasos recursos monetarios. Tercera parte de la Isla Hispaniola, ubicado en las zonas húmedas y cálidas de las latitudes bajas del Caribe, en las que se encuentra presente el clima tropical, donde el sol incide de forma casi perpendicular prácticamente todo el año. Esto permite que la radiación solar resultante mantenga elevadas las temperaturas de esos lugares hasta en 35°C, con humedades entre 70-95 %, lo cual provoca que los efectos de sobrecalentamiento interior y de sobre-humectación afecten directamente el confort de las viviendas, efecto combinado adverso, dado que las humedades elevadas acrecientan la sensación térmica del calor.

A estos efectos climáticos, le agregamos la ubicación en zonas altamente sísmicas, y con una permanente incidencia de huracanes, tormentas y depresiones tropicales, caracterizadas por fuertes vientos y lluvias torrenciales, que requieren que las edificaciones posean estructuras constructivas resistentes a dichos fenómenos atmosféricos. Con relación a la tipología de las viviendas, en estas zonas, la arquitectura popular se basa en la protección de la radiación solar y la ventilación de los edificios, intentado con ello contrarrestar los efectos climáticos del lugar. Con

5.1 Conclusiones

un mapa inmobiliario compuesto aproximadamente de un 80 % de viviendas unifamiliares y un 11 % de edificios de apartamentos multiplantas, hay que tener en cuenta todas estos factores del entorno, y adicionándole, los problemas provocados por el cambio climático, donde las olas de calor y los fenómenos naturales azotan ciudades, cada vez con mayor asiduidad.

En vista que en la actualidad, no existían estudios previos en la optimización de las viviendas en la República Dominicana, donde se analicen soluciones eficientes para la mejora del confort interior en los edificios residenciales, sin utilizar medios mecánicos, y manteniendo las tradiciones constructivas del país, se realizó esta tesis doctoral.

En resumen, la República Dominicana se encuentra en una fase inicial frente a la construcción sostenible, mostrando interés en desarrollar este concepto en todos los ámbitos necesarios para una mejor relación de los usuarios y su entorno. Es recomendable que el proceso continúe bajo una serie de medidas que se deben adoptar para que puedan evolucionar en el área de la construcción, adoptando nuevos materiales y nuevas técnicas, que permitan mejorar las prestaciones de sus edificaciones.

5.1.2 Conclusiones referidas a la metodología

En el desarrollo de la presente tesis doctoral, la metodología seguida busca optimizar energéticamente las viviendas de la República Dominicana, donde las temperaturas de sus viviendas alcanzan valores superiores a los considerados dentro del rango de confort térmico, siempre y cuando no se utilicen medios artificiales de control para contrarrestarlos.

Con el propósito de conseguir que las edificaciones residenciales de los dos grupos más representativos del entorno edificado del país, puedan presentar temperaturas internas más cercanas a las temperaturas de confort establecidas por los estándares internacionales, considerando un consumo energético nulo en refrigeración y con soluciones constructivas de bajo costo, se desarrolla la investigación.

En definitiva la metodología planteada en la investigación, y bajo la ayuda del software de simulación energética de edificios DesignBuilder, busca que estudiando la orientación más favorable y óptima para los edificios residenciales, se con-

CAP. 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

trolen las ganancias solares a través de paredes y aberturas. De igual forma, se analiza el poner en práctica la inclusión de elementos de sombreado, aleros y parasoles, como medida de actuación frente a la sobre-exposición solar de la envolvente y huecos de la edificación, así como protección al sobrecalentamiento del interior de las viviendas. Por otro lado, también se plantean alternativas de mejora para los sistemas constructivos de cubierta y de fachadas, utilizando materiales no tradicionales y aislamiento térmico, que permitan reducir la pérdida ó ganancia de calor. Todo esto, con el objetivo principal de minimizar las temperaturas internas de las viviendas más representativas del país, y reducir su consumo energético en climatización.

5.1.3 Conclusiones por caso de estudio

Esta investigación se ha centrado en los dos mayores grupos de edificaciones residenciales de la República Dominicana, y es por ello que se han tratado como dos casos de estudios separados, en la búsqueda del comportamiento térmico óptimo sin el uso de sistemas mecánicos de climatización.

Con el entorno de evaluación determinado y escenificado por el software de simulación energética de edificios DesignBuilder, un rango de tiempo de estudio establecido (Semana cálida más desfavorable: 11 Junio - 17 Junio) y según los tres distintos análisis a los que fueron expuestos los modelos de referencia de estos casos de estudios: de orientación óptima, de elementos de protección solar y modificación de la envolvente tradicional del edificio, se han llegado a las siguientes conclusiones:

5.1.3.1 Caso 1: Edificio Unifamiliar de un nivel

Para este primer caso de vivienda unifamiliar de una planta, se ha observado que la orientación óptima para una vivienda típica de un nivel con una distribución arquitectónica similar a la del modelo de referencia utilizado, la orientación más favorable resultante de las simulaciones en las ocho orientaciones analizadas (N, NE, E, SE, S, SO, O y NO) es la que presenta la fachada frontal del edificio al Este - 270°, la cual se ha tomado como referencia para los posteriores análisis. La vivienda unifamiliar donde se presenta la orientación con el comportamiento más

5.1 Conclusiones

desfavorable, es la que tiene su fachada frontal al Noroeste - 135° , donde los valores de las temperaturas son los más altos, según todas las orientaciones analizadas.

Las humedades relativas dentro del modelo de referencia para la casa unifamiliar, correspondientes a la mejor y peor de las orientaciones, se mantienen dentro del mismo rango de valores similares, delimitados dentro del 63 % y el 90 %.

Tomando en cuenta las ganancias y pérdidas de calor (kW) resultantes de las simulaciones, la orientación con mayores pérdidas es la que su fachada frontal está al Noreste - 225° , dejando a la fachada al Sur 0° como la orientación que donde se presentan las menores pérdidas de calor. Aunque la orientación Este - 270° no sea la que presenta las mayores pérdidas de calor, los valores obtenidos por la mismas son considerables y muy cercanos a los máximos, y como es la orientación donde las temperaturas operativas son las más bajas, la hace la óptima orientación dentro de las ocho analizadas.

Como medida de protección solar en una casa de un nivel en la RD, la utilización de aleros no presenta una mejora significativa que influya en las temperaturas interiores, para ninguna de las dos longitudes de aleros analizadas. Es decir, que la integración de esta técnica arquitectónica, permite obtener ligeras mejoras en el confort del ambiente interior, aunque eleva considerablemente el precio del elemento constructivo de cubierta, al tener que realizar importantes voladizos en la periferia de la edificación.

La modificación de los cerramientos para el estudio de la envolvente de la vivienda presenta que, dentro de las diferentes alternativas de cubiertas planteadas, el modelo C4-FR es el que obtiene el mejor incremento de confort térmico total, al sustituir la CR por la C4, traducido en 100 horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación. La solución constructiva está compuesta por de dos capas de aislamientos en la parte superior y exterior de la misma, que son cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar y cinco (5) cm de espesor de grava.

La alternativa de fachada con la que se alcanza el mayor porcentaje de confort térmico es la solución del modelo CR-F3. Solución constructiva definida por una capa de aislamiento, compuesta por cinco (5) cm de el poliestileno expandido estandar, manteniendo en gran medida la solución constructiva tradicional, es decir con uno y medio (1.5) cm de mortero de cal-arena en las capas interiores y exterior-

CAP. 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

res del muro. Esta solución alcanza a obtener 77 horas de confort de las 168 horas de la semana de estudio, simplemente al sustituir la FR por la F3.

Al combinar las mejores soluciones constructivas obtenidas para cubierta y fachadas, se obtiene el modelo C4-F3. Esta es la solución que más se acerca a los estándares de confort requeridos para la zona climática 1A, permitiendo que las temperaturas operativas estén dentro del rango de confort en un 94.05 % del tiempo de análisis, reflejado en 158 horas del tiempo total de la evaluación (168 horas). La alternativa tiene en la parte exterior de la cubierta una capa de cinco (5) cm de grava suelta y cinco (5) cm de poliestireno expandido estándar, así como con el uso de dos capas en la fachada exterior del muro de dos (2) cm de Mortero de Cal-Arena y cinco (5) cm de poliestireno expandido estándar, en diferencia a las soluciones constructivas tradicionales.

5.1.3.2 Caso 2: Edificio Multiplanta de 4 niveles

Por otro lado, desde el punto de vista del caso de la edificación residencial multiplanta la orientación más favorable, para la construcción de edificaciones multiplantas con distribuciones similares a la planteada, es la que presenta la fachada frontal al Sur - 0°. Es importante recordar que si se cambia la distribución interior, cambia la orientación óptima, y que este punto, no es un objetivo dentro de esta tesis doctoral, y su estudio puede ser tan amplio que sería interesante para futuras líneas de investigación. Por otro lado, las orientaciones donde se presenta el comportamiento más desfavorable para el MR-multiplanta, son las que presentan su fachada frontal al Este - 270° y al Oeste - 90°, donde los valores de las temperaturas son los más altos e idénticos entre ellos, según las orientaciones analizadas.

Las humedades relativas internas para los modelos donde la mejor y peor de las orientaciones se presentan, se mantienen dentro de rango de valores similares, delimitados dentro del 67 % y el 97 %.

Los resultados para las ganancias y pérdidas de calor (kW) de la edificación multiplantas, presentan que la orientación con mayores pérdidas es la Este - 270°, así mismo, se observa que las menores pérdidas de calor se presentan en el modelo donde la orientación con la fachada al Suroeste - 45°. Por otro lado, aunque la orientación al Sur - 0° no sea la que presenta las mayores pérdidas de calor, tiene pérdidas considerables, permitiéndose ser la orientación donde las temperaturas

5.1 Conclusiones

operativas son las más bajas, lo cual la hace la orientación óptima dentro de las ocho analizadas.

Dentro de las alternativas de protección solar para una edificación multiplanta en la RD, se analizaron las soluciones más utilizadas, que son los aleros y los parasoles. Mostrando que la utilización de aleros como protección solar, no es una medida de mejora significativa que influya en las temperaturas interiores de edificaciones multiplantas como la estudiada, al igual que ocurre en el caso 1 de vivienda unifamiliar de un nivel. Es decir, que la integración de esta técnica arquitectónica, permite obtener ligeras mejoras en el confort del ambiente interior, aunque eleva considerablemente el precio del elemento constructivo de cubierta, al tener que realizar importantes voladizos en la periferia de la edificación.

En el caso del uso de parasoles, para los que solo protegen de forma horizontal, no genera mejora alguna en las temperaturas internas de la vivienda, al contrario, éstas se ven incrementadas en comparación al MR-multiplanta, ya que este tipo de protección permite que la radiación solar directa sea desplazada, rebotando en la superficie del parasol horizontal, de modo que esta se refleje en el interior de la edificación, aprovechando la falta de protección vertical y resultando en un incremento de las temperaturas internas.

Para los parasoles horizontales y verticales, el uso de esta medida de protección, con longitudes de 1 metro, consigue mínimas mejoras en las temperaturas operativas internas, con respecto a la no utilización de los mismos en el MR-multiplanta. Y en la situación de la incorporación de parasoles verticales a la edificación, opción poco habitual, se concluye que, al igual que en el caso de los parasoles horizontales, las temperaturas se ven incrementadas en relación a las del MR-multiplanta. Este efecto se produce, ya que la radiación solar directa es desplazada, rebotando en la superficie del parasol, de modo que esta se refleje en el interior de la edificación, aprovechando la falta de protección horizontal y resultando en un incremento de las temperaturas internas.

Desde el punto de vista del estudio de la envolvente de la vivienda, la modificación de los cerramientos de cubierta presentan que el modelo C4b-FR, es el que tiene mejor comportamiento, ya que es donde se obtiene el mejor incremento de confort térmico total, al sustituir la CR por la C4b. Esta mejora se traduce en 97

CAP. 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

horas de confort de las 168 horas de la semana de evaluación. Solución constructiva compuesta por dos capas de aislamientos en la parte superior y exterior de la misma (cinco (5) cm de poliestileno expandido estandar y cinco (5) cm de espesor de grava) y de una capa interior de dos (2) cm de un mortero de baja conductividad.

La alternativa de fachada con la que se alcanza el mayor porcentaje de confort térmico es la solución del modelo CR-F3b, la cual incrementa el confort térmico total de la vivienda, llegando a alcanzar 105 horas de confort de las 168 horas de la semana de estudio, simplemente al sustituir la FR por la F3b. Solución constructiva donde se utiliza una capa de aislamiento, compuesta por cinco (5) cm de poliestileno expandido estandar, dentro la constitución constructiva tradicional, es decir con uno y medio (1.5) cm de mortero de cal-arena en la capa interior y dos (2) cm de mortero de baja conductividad en el exterior del muro.

El modelo C4b-F3b es el resultado de la combinación de las mejores soluciones constructivas de cubierta y fachada con los mejores resultados individuales, y es la solución con los resultados más próximos a los estándares de confort requeridos para esta zona climática, permitiendo que las temperaturas operativas estén dentro del rango de confort en un 69.64 % del tiempo de análisis, reflejado en 117 horas del tiempo total del evaluación (168 horas) de la semana más calurosa del año.

Es importante destacar que el efecto chimenea que se presenta en el edificio multiplanta, provoca que las temperaturas interiores vayan incrementándose según se incrementa el nivel. Dejando a la planta baja (Nivel 1) con las mejores temperaturas promedio y a la planta superior (Nivel 4) con la más alta temperatura promedio del edificio.

5.2 Líneas de Investigación Futuras

Dentro de las posibles futuras líneas de investigación serían de interés, la monitorización de las medidas propuestas tanto en nuevas edificaciones, así como en la restauración de edificaciones existentes, para de esta forma, evaluar el alcance que se logra, así como para cuantificar el porcentaje de mejora que se obtendría con mayor precisión. Debido a que el proyecto de tesis se ha centrado en la simulación energética, es interesante poder realizar una aplicación práctica monitorizada, que

5.2 Líneas de Investigación Futuras

permita configurar los análisis realizados como fase previa a la posible implantación de este tipo de medidas.

En el ámbito de estudio correspondiente a la protección solar de los huecos y cerramientos en el edificio, convendría disponer de una base de datos más amplia correspondiente a todos los tipos de modelos con los distintos materiales utilizados, así como sus colores y para diferentes ángulos de inclinación que se puedan utilizar en la modelización del edificio. Los elementos de sombreado generan un efecto adverso, se podría hacer un análisis más detallado de este sistema, con diferentes materiales e incluso desvinculándolos de la estructura del edificio (no usar los forjados) y analizar la colocación de una fachada de doble piel.

En este caso, los materiales no tradicionales en la modificación de la envolvente, pueden tomar en cuenta nuevas soluciones constructivas, sustituyendo en su totalidad las técnicas tradicionales de construcción, pero siempre tomando en cuenta los requisitos frente a los fenómenos atmosféricos de la zona climática y el cumplimiento de la normativa sísmica del país.

En algunos casos las propuestas realizadas pueden presentar problemas con los fenómenos atmosféricos presentes en el país (como son los huracanes¹) y en este sentido, la cubierta con una capa de grava no sería una solución muy adecuada. Aunque hay soluciones en el mercado que cambiarían una capa de aislamiento con una capa de hormigón, cuyo efecto es similar, se pueden estudiar soluciones alternativas con materiales de prestaciones similares y que puedan comercializarse en el país.

Como ya se ha comentado otra línea de investigación a desarrollar plantearía, la búsqueda de la orientación más adecuada en base a la distribución interior de los espacios, estableciendo plantas tipo para la construcción de viviendas.

Por otro lado, los edificios en altura generan sombras en la calle, que junto con la presencia de árboles, mejoran el confort exterior de las edificaciones, y ello afecta a las condiciones térmicas interiores. Se podría analizar y simular técnicas de urbanización más eficientes.

¹Temporada ciclónica que inicia el 1 de Junio y culmina el 30 de Noviembre, teniendo claro que en cualquier época del año puede formarse una tormenta o huracán.

Hoy más que nunca, la vida debe caracterizarse por un sentido de responsabilidad universal, no solo entre naciones y entre humanos, sino entre humanos y cualquier otra forma de vida.

Dalai Lama

CAPÍTULO

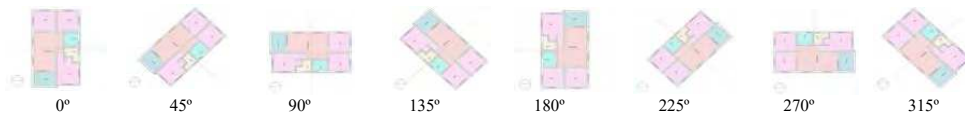
6

Anexos

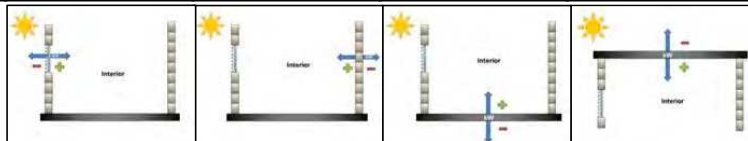
6.1 Anexo A: Tablas y gráficos del Modelo de Referencia para las diferentes orientaciones (Caso 1)

El siguiente anexo contiene las tablas que describen las ganancias y pérdidas de calor (en kW), de los principales cerramientos de la vivienda, de cada una de las orientaciones planteadas. Así como también, las gráficas correspondientes a los valores energéticos de la vivienda. En la tabla final, se desglosan los valores de las diferentes temperaturas, tanto internas como externas, en valores medios, máximos y mínimos.

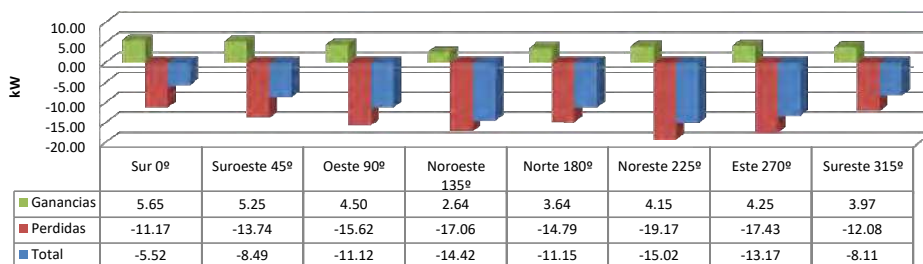
Modelo: MR



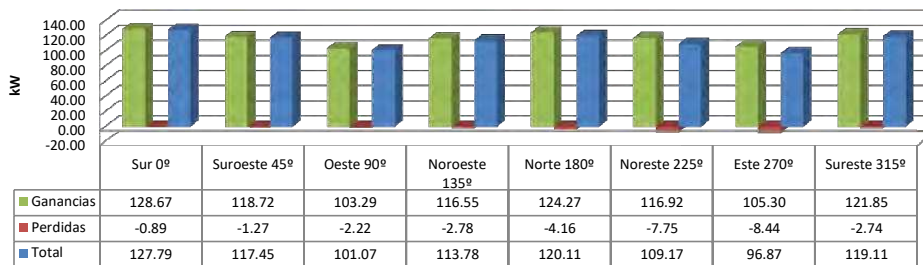
Semana	Orientación	Acristalamiento			Muros			Suelo			Cubierta			Total kW
		kW	+	-	kW	+	-	kW	+	-	kW	+	-	
11 Jun - 17 Jun Verano	Sur 0°	-5.52	5.65	-11.17	127.79	128.67	-0.89	-426.31	0.00	-426.31	209.78	218.48	-8.70	-94.26
	Suroeste 45°	-8.49	5.25	-13.74	117.45	118.72	-1.27	-429.75	0.00	-429.75	210.26	218.38	-8.13	-110.54
	Oeste 90°	-11.12	4.50	-15.62	101.07	103.29	-2.22	-433.30	0.00	-433.30	211.18	219.90	-8.72	-132.17
	Noroeste 135°	-14.42	2.64	-17.06	113.78	116.55	-2.78	-448.52	0.00	-448.52	204.35	216.47	-12.12	-144.82
	Norte 180°	-11.15	3.64	-14.79	120.11	124.27	-4.16	-442.98	0.00	-442.98	205.01	219.14	-14.14	-129.01
	Noreste 225°	-15.02	4.15	-19.17	109.17	116.92	-7.75	-446.25	0.00	-446.25	206.25	221.93	-15.68	-145.86
	Este 270°	-13.17	4.25	-17.43	96.87	105.30	-8.44	-438.37	0.00	-438.37	210.56	224.83	-14.28	-144.12
Sureste 315°	-8.11	3.97	-12.08	119.11	121.85	-2.74	-430.95	0.00	-430.95	209.29	220.75	-11.45	-110.66	



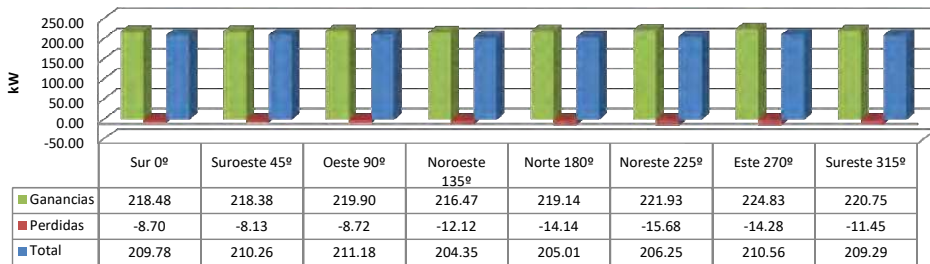
MR: Acristalamiento



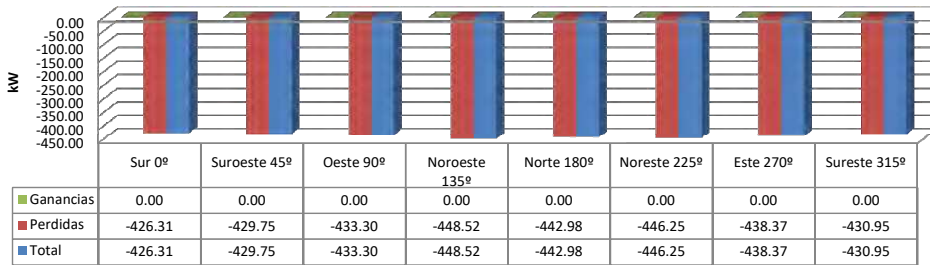
MR: Muros



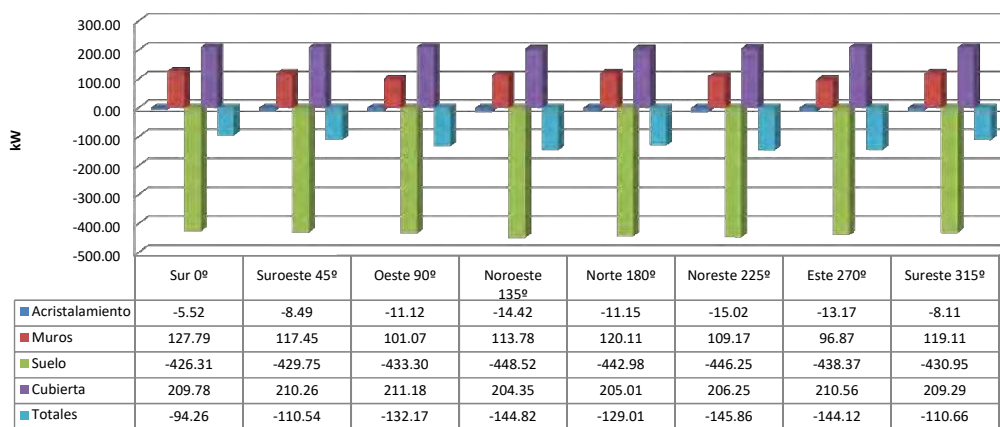
MR: Cubierta



MR: Suelos



MR: Totales Energéticos



Semana	Orient.	Temp. del Aire °C			Temp. Radiante °C			Temp. Operativa °C			Temp. Exterior °C		
		Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.
11 Jun - 17 Jun Sem. Diseño Verano	0°	27.90	32.23	23.74	28.70	32.55	24.98	28.30	32.34	24.41	28.34	36.10	22.10
	45°	27.87	32.14	23.74	28.68	32.63	24.96	28.28	32.31	24.41	28.34	36.10	22.10
	90°	27.84	32.04	23.68	28.65	32.56	25.01	28.25	32.24	24.39	28.34	36.10	22.10
	135°	27.90	32.16	23.67	28.85	32.64	25.11	28.38	32.34	24.42	28.34	36.10	22.10
	180°	27.88	32.22	23.63	28.82	32.41	25.08	28.35	32.30	24.35	28.34	36.10	22.10
	225°	27.85	32.18	23.69	28.79	32.29	25.07	28.32	32.24	24.41	28.34	36.10	22.10
	270°	27.82	32.02	23.58	28.66	32.13	25.02	28.24	32.07	24.32	28.34	36.10	22.10
315°	27.91	32.16	23.69	28.70	32.35	25.04	28.31	32.21	24.37	28.34	36.10	22.10	

6.2 Anexo B: Tablas de temperaturas operativas horarias para las diferentes orientaciones (Caso 1)

La tabla a continuación contiene las temperaturas operativas de la vivienda unifamiliar, en función de las horas que componen el día, en las diferentes orientaciones en que se realizó la simulación.

Temperatura Operativa

Fecha/Hora	0º	45º	90º	135º	180º	225º	270º	315º	
11-jun.	1:00	↑ 28.93	↑ 28.88	↓ 28.78	↑ 28.93	↑ 28.90	→ 28.84	↓ 28.74	→ 28.84
	2:00	→ 27.90	→ 27.84	→ 27.82	↑ 28.01	→ 27.89	→ 27.83	↓ 27.73	→ 27.90
	3:00	→ 27.44	→ 27.39	→ 27.40	↑ 27.53	→ 27.45	→ 27.37	↓ 27.31	→ 27.46
	4:00	→ 27.01	→ 26.96	→ 27.01	↑ 27.09	→ 27.03	↓ 26.94	↓ 26.91	→ 27.04
	5:00	→ 26.57	↓ 26.52	↑ 26.61	↑ 26.63	→ 26.60	↓ 26.50	↓ 26.50	↑ 26.61
	6:00	→ 26.14	↓ 26.10	↑ 26.23	→ 26.19	→ 26.18	↓ 26.08	↓ 26.09	→ 26.19
	7:00	→ 26.09	↓ 26.06	↑ 26.16	→ 26.18	→ 26.17	→ 26.09	↓ 26.05	→ 26.14
	8:00	↓ 26.87	↓ 26.83	↓ 26.86	→ 26.99	↑ 27.05	→ 27.00	→ 26.93	→ 26.94
	9:00	→ 27.57	↓ 27.49	↓ 27.50	→ 27.70	↑ 27.79	↑ 27.75	→ 27.67	→ 27.68
	10:00	→ 27.91	↓ 27.83	↓ 27.83	→ 28.05	↑ 28.11	↑ 28.11	→ 28.02	→ 28.02
	11:00	→ 28.17	↓ 28.08	↓ 28.04	↑ 28.30	↑ 28.35	↑ 28.34	→ 28.27	→ 28.28
	12:00	→ 28.82	→ 28.77	↓ 28.70	↑ 28.98	↑ 29.01	↑ 28.95	→ 28.86	→ 28.90
	13:00	→ 29.61	↓ 29.48	↓ 29.46	↑ 29.70	↑ 29.70	→ 29.63	→ 29.52	↑ 29.67
	14:00	→ 30.35	↓ 30.25	↓ 30.26	↑ 30.45	↑ 30.43	→ 30.34	↓ 30.26	↑ 30.46
	15:00	↑ 31.05	→ 30.88	→ 30.91	↑ 31.10	→ 31.00	→ 30.92	↓ 30.82	↑ 31.05
	16:00	→ 31.39	→ 31.31	→ 31.35	↑ 31.49	→ 31.36	→ 31.25	↓ 31.19	→ 31.42
	17:00	→ 31.75	→ 31.73	→ 31.73	↑ 31.87	→ 31.72	→ 31.58	↓ 31.48	→ 31.69
	18:00	↑ 31.96	→ 31.93	→ 31.88	→ 32.03	→ 31.93	→ 31.79	↓ 31.65	→ 31.86
	19:00	↑ 31.96	↑ 31.92	→ 31.84	↑ 31.98	↑ 31.92	→ 31.81	↓ 31.68	→ 31.87
	20:00	↑ 31.72	→ 31.70	→ 31.63	↑ 31.75	→ 31.69	→ 31.62	↓ 31.54	→ 31.68
	21:00	→ 31.43	→ 31.43	→ 31.35	↑ 31.48	→ 31.41	→ 31.35	↓ 31.28	→ 31.40
	22:00	↑ 31.12	→ 31.09	→ 31.01	↑ 31.13	→ 31.08	→ 31.03	↓ 30.95	→ 31.08
	23:00	↑ 30.60	→ 30.55	→ 30.47	→ 30.55	↑ 30.58	→ 30.50	↓ 30.41	→ 30.52
12-jun.	0:00	↑ 30.02	↑ 30.01	→ 29.91	→ 29.98	↑ 29.99	→ 29.97	↓ 29.86	→ 29.95
	1:00	↑ 29.45	↑ 29.46	→ 29.40	↑ 29.44	→ 29.43	↑ 29.45	↓ 29.35	→ 29.42
	2:00	→ 28.92	→ 28.90	→ 28.88	↑ 28.94	→ 28.89	↓ 28.86	↓ 28.88	→ 28.90
	3:00	→ 28.39	→ 28.36	↓ 28.32	↑ 28.42	→ 28.38	→ 28.32	↓ 28.29	↑ 28.41
	4:00	↑ 27.86	→ 27.82	→ 27.75	↑ 27.85	↑ 27.86	→ 27.78	↓ 27.71	↑ 27.86
	5:00	↑ 27.29	↑ 27.28	→ 27.22	→ 27.28	↑ 27.27	→ 27.25	↓ 27.19	↑ 27.27
	6:00	→ 26.68	↑ 26.77	↓ 26.66	→ 26.69	→ 26.68	→ 26.70	↓ 26.65	↓ 26.66
	7:00	↓ 26.36	↑ 26.41	↑ 26.40	↑ 26.41	→ 26.38	↓ 26.35	↓ 26.35	→ 26.37
	8:00	→ 27.21	↓ 27.19	↓ 27.17	↑ 27.26	↑ 27.29	↑ 27.27	→ 27.23	→ 27.25
	9:00	→ 28.10	→ 28.05	↓ 27.99	→ 28.14	↑ 28.19	↑ 28.16	→ 28.10	→ 28.13
	10:00	→ 28.47	→ 28.39	↓ 28.35	→ 28.47	↑ 28.50	↑ 28.50	→ 28.47	↑ 28.53
	11:00	↓ 28.70	↓ 28.69	↓ 28.66	→ 28.73	→ 28.82	→ 28.83	↑ 28.89	↑ 28.93
	12:00	→ 29.29	↓ 29.20	↓ 29.18	→ 29.30	→ 29.33	→ 29.33	→ 29.30	↑ 29.44
	13:00	↑ 29.97	↓ 29.82	↓ 29.80	→ 29.95	→ 29.92	→ 29.92	↓ 29.83	↑ 29.99
	14:00	→ 30.53	↓ 30.45	↓ 30.44	↑ 30.57	→ 30.53	→ 30.49	↓ 30.42	↑ 30.60
	15:00	↑ 31.19	→ 31.10	→ 31.12	↑ 31.23	→ 31.12	→ 31.08	↓ 30.99	→ 31.18
	16:00	→ 31.72	→ 31.67	→ 31.70	→ 31.79	→ 31.63	→ 31.57	↓ 31.48	→ 31.68
	17:00	↑ 32.10	↑ 32.10	→ 32.09	↑ 32.16	→ 32.03	→ 31.93	↓ 31.84	→ 32.04
	18:00	↑ 32.31	↑ 32.28	→ 32.21	↑ 32.31	→ 32.20	→ 32.10	↓ 31.98	→ 32.19
	19:00	↑ 32.03	↑ 32.00	→ 31.94	↑ 32.00	→ 31.96	→ 31.86	↓ 31.77	→ 31.93
	20:00	↑ 31.56	↑ 31.52	→ 31.46	→ 31.51	→ 31.51	→ 31.42	↓ 31.34	→ 31.46
	21:00	↑ 30.67	→ 30.62	→ 30.55	↑ 30.69	↑ 30.64	→ 30.57	↓ 30.45	→ 30.59
	22:00	→ 29.90	→ 29.86	→ 29.78	↑ 30.00	→ 29.85	→ 29.81	↓ 29.70	→ 29.85
23:00	→ 29.40	→ 29.37	→ 29.30	↑ 29.52	→ 29.35	→ 29.32	↓ 29.24	→ 29.37	

Temperatura Operativa

13-jun.	0:00	→	28.90	→	28.88	↘	28.82	↑	29.01	↘	28.85	↘	28.82	↓	28.74	→	28.89
	1:00	→	28.41	→	28.38	↘	28.39	↑	28.46	→	28.39	↓	28.33	↓	28.30	→	28.41
	2:00	→	27.92	↘	27.90	↑	28.00	→	27.94	→	27.92	↓	27.86	↓	27.86	→	27.93
	3:00	↘	27.47	↘	27.46	↑	27.56	→	27.49	↘	27.47	↓	27.42	↓	27.42	→	27.48
	4:00	→	27.05	→	27.06	↑	27.12	↘	27.08	↘	27.04	↓	27.00	↓	27.03	→	27.06
	5:00	↘	26.61	↑	26.67	↑	26.66	↑	26.66	↓	26.60	↓	26.61	↓	26.61	↘	26.62
	6:00	↓	26.18	↑	26.30	↘	26.22	→	26.24	↓	26.17	↘	26.21	↓	26.20	↓	26.19
	7:00	↓	26.08	↑	26.19	↓	26.09	→	26.16	→	26.13	→	26.13	↘	26.11	↓	26.08
	8:00	↓	26.60	↘	26.62	↓	26.58	↘	26.72	↑	26.75	↑	26.77	↘	26.72	→	26.68
	9:00	↘	27.42	→	27.36	↓	27.37	↘	27.56	↑	27.62	↑	27.62	↘	27.55	→	27.51
	10:00	↘	27.85	↓	27.79	↓	27.78	↘	28.00	↑	28.06	↑	28.11	↘	28.02	→	27.96
	11:00	↘	28.23	↓	28.17	↓	28.13	↘	28.37	↑	28.40	↑	28.44	↘	28.36	↘	28.33
	12:00	→	28.96	↓	28.88	↓	28.85	↑	29.10	↑	29.11	↑	29.09	→	28.99	↘	29.04
	13:00	↘	29.82	↓	29.73	↓	29.73	↑	29.96	↑	29.95	↑	29.93	↘	29.79	↘	29.88
	14:00	↘	30.59	↓	30.53	↓	30.54	↑	30.75	↑	30.72	↘	30.67	↓	30.52	→	30.65
	15:00	→	31.27	↘	31.24	→	31.26	↑	31.43	↘	31.34	→	31.25	↓	31.13	→	31.30
	16:00	↘	31.87	→	31.80	→	31.81	↑	31.98	↘	31.88	↘	31.79	↓	31.66	↘	31.87
	17:00	↘	32.10	→	32.03	↘	32.02	↑	32.20	→	32.11	→	32.01	↓	31.89	→	32.06
	18:00	↘	32.21	→	32.18	↘	32.11	↑	32.28	↑	32.23	→	32.17	↓	32.03	→	32.16
	19:00	↑	32.22	↘	32.19	↘	32.11	↑	32.26	↑	32.23	↘	32.19	↓	32.03	→	32.16
	20:00	→	31.75	→	31.73	↓	31.67	↑	31.82	→	31.75	→	31.73	↓	31.66	→	31.75
	21:00	↘	31.34	→	31.30	↓	31.25	↑	31.40	↘	31.35	→	31.31	↓	31.23	→	31.31
	22:00	↑	30.99	→	30.93	↘	30.88	↑	30.98	↑	31.00	→	30.93	↓	30.85	↘	30.94
23:00	↑	30.43	→	30.38	↓	30.33	↑	30.45	↑	30.44	↘	30.39	↓	30.30	↘	30.40	
14-jun.	0:00	↑	29.86	→	29.80	↓	29.75	↑	29.89	↘	29.85	→	29.82	↓	29.73	↘	29.84
	1:00	↑	29.28	→	29.21	↓	29.16	↑	29.31	↘	29.27	→	29.24	↓	29.14	↘	29.25
	2:00	↑	28.71	↘	28.63	↓	28.57	↑	28.74	↘	28.69	→	28.66	↓	28.56	↘	28.67
	3:00	↘	28.12	↘	28.04	↓	27.98	↑	28.16	↘	28.11	→	28.08	↓	27.97	↘	28.09
	4:00	↘	27.53	↘	27.44	↓	27.38	↑	27.59	→	27.51	→	27.48	↓	27.38	→	27.50
	5:00	↘	26.93	↓	26.82	↓	26.78	↑	27.01	→	26.90	→	26.87	↓	26.78	→	26.89
	6:00	↘	26.33	↓	26.22	↓	26.18	↑	26.42	→	26.31	→	26.28	↓	26.18	→	26.29
	7:00	↘	25.96	↓	25.90	↘	25.95	↑	26.11	↑	26.07	→	26.01	↓	25.94	→	26.00
	8:00	↓	26.20	↓	26.15	→	26.28	↘	26.36	↑	26.42	↑	26.48	→	26.31	→	26.31
	9:00	↓	26.95	↓	26.86	↓	26.91	→	27.10	↘	27.19	↑	27.33	→	27.13	→	27.06
	10:00	↘	27.77	↓	27.66	↓	27.64	→	27.94	↘	28.02	↑	28.15	↘	27.94	→	27.91
	11:00	→	28.17	↓	28.03	↓	28.00	↘	28.33	↑	28.40	↑	28.42	↘	28.26	↘	28.28
	12:00	→	28.80	↓	28.68	↓	28.64	↑	28.98	↑	29.02	↑	28.97	→	28.82	↘	28.88
	13:00	→	29.48	↓	29.37	↓	29.33	↑	29.71	↑	29.69	↘	29.59	↘	29.44	→	29.54
	14:00	↘	29.97	↓	29.84	↓	29.89	↑	30.22	↘	30.12	→	30.03	↓	29.88	↘	29.98
	15:00	↘	28.98	↓	28.96	↓	28.91	↑	29.13	↑	29.13	→	29.04	↓	28.91	→	29.00
	16:00	↓	27.46	↓	27.43	↑	27.60	↑	27.63	→	27.60	→	27.53	↘	27.51	→	27.54
	17:00	↘	28.32	↘	28.40	↘	28.37	↑	28.46	→	28.36	↘	28.27	↓	28.20	↘	28.28
	18:00	↘	29.42	↑	29.49	↘	29.43	↑	29.53	↘	29.41	→	29.32	↓	29.23	↘	29.34
	19:00	→	29.34	↑	29.41	→	29.33	↑	29.43	↘	29.38	→	29.34	↓	29.20	↘	29.28
	20:00	↘	28.68	↘	28.69	→	28.65	↑	28.75	↑	28.72	↘	28.67	↓	28.56	→	28.64
	21:00	↘	28.23	↘	28.22	→	28.17	↑	28.27	↑	28.25	→	28.20	↓	28.10	→	28.18
	22:00	↘	27.84	↑	27.86	→	27.83	↑	27.87	↘	27.84	→	27.81	↓	27.77	↘	27.81
23:00	→	27.36	↑	27.42	↘	27.32	↘	27.38	↘	27.34	→	27.36	↓	27.30	↘	27.33	

Temperatura Operativa

15-jun.	0:00	↘	26.85	↑	26.97	↓	26.81	↔	26.87	↘	26.85	↔	26.87	↓	26.79	↘	26.83
	1:00	↘	26.37	↑	26.50	↓	26.33	↘	26.39	↘	26.37	↘	26.39	↓	26.32	↓	26.35
	2:00	↓	25.90	↑	26.04	↓	25.86	↘	25.92	↓	25.90	↘	25.93	↓	25.87	↓	25.89
	3:00	↘	25.43	↑	25.55	↓	25.38	↔	25.46	↓	25.42	↔	25.45	↓	25.39	↘	25.43
	4:00	↘	25.11	↑	25.23	↘	25.11	↔	25.15	↘	25.13	↘	25.10	↓	25.06	↘	25.13
	5:00	↘	24.84	↑	24.90	↔	24.80	↔	24.83	↘	24.76	↘	24.79	↓	24.73	↔	24.82
	6:00	↘	24.55	↑	24.57	↘	24.52	↔	24.51	↔	24.52	↘	24.52	↓	24.46	↔	24.52
	7:00	↘	24.48	↑	24.51	↓	24.44	↑	24.56	↑	24.58	↑	24.56	↓	24.51	↔	24.51
	8:00	↓	24.95	↓	24.97	↓	24.92	↔	25.11	↑	25.20	↑	25.19	↔	25.09	↔	25.06
	9:00	↘	25.84	↓	25.78	↓	25.75	↔	26.02	↑	26.14	↑	26.15	↔	26.03	↔	25.95
	10:00	↘	26.44	↓	26.39	↓	26.31	↔	26.63	↑	26.72	↑	26.79	↑	26.74	↔	26.59
	11:00	↘	27.02	↓	26.94	↓	26.86	↔	27.20	↑	27.27	↑	27.30	↔	27.20	↔	27.15
	12:00	↘	27.66	↘	27.63	↓	27.56	↑	27.85	↑	27.91	↑	27.86	↔	27.71	↔	27.74
	13:00	↘	28.48	↓	28.41	↓	28.47	↑	28.71	↑	28.68	↔	28.61	↓	28.43	↘	28.52
	14:00	↘	29.02	↓	29.00	↘	29.07	↑	29.30	↔	29.20	↔	29.12	↓	28.94	↘	29.03
	15:00	↔	29.34	↔	29.35	↔	29.33	↑	29.50	↑	29.50	↔	29.40	↓	29.21	↔	29.34
	16:00	↔	29.62	↘	29.56	↓	29.50	↑	29.73	↑	29.72	↔	29.62	↓	29.50	↔	29.63
	17:00	↔	29.81	↘	29.76	↓	29.72	↑	29.92	↑	29.88	↘	29.78	↓	29.69	↔	29.82
	18:00	↔	29.78	↔	29.75	↘	29.71	↑	29.86	↔	29.81	↔	29.73	↓	29.63	↔	29.73
	19:00	↔	29.20	↔	29.21	↔	29.21	↑	29.30	↔	29.27	↔	29.23	↓	29.14	↓	29.17
	20:00	↓	28.61	↘	28.62	↔	28.64	↑	28.70	↔	28.67	↔	28.65	↓	28.59	↓	28.60
	21:00	↘	28.16	↔	28.20	↘	28.17	↑	28.24	↔	28.20	↔	28.19	↓	28.13	↓	28.15
	22:00	↘	27.82	↑	27.88	↓	27.81	↑	27.89	↔	27.84	↔	27.86	↓	27.79	↓	27.81
23:00	↓	27.36	↑	27.43	↓	27.35	↑	27.42	↘	27.37	↔	27.40	↓	27.34	↓	27.35	
16-jun.	0:00	↓	26.85	↑	26.90	↓	26.85	↑	26.90	↘	26.87	↔	26.87	↓	26.85	↓	26.84
	1:00	↓	26.34	↔	26.37	↔	26.36	↑	26.38	↘	26.36	↓	26.35	↘	26.35	↓	26.35
	2:00	↓	25.88	↔	25.90	↔	25.90	↑	25.91	↘	25.89	↓	25.88	↘	25.89	↓	25.88
	3:00	↘	25.44	↔	25.45	↑	25.46	↑	25.46	↓	25.43	↓	25.43	↔	25.45	↔	25.44
	4:00	↑	25.12	↑	25.13	↘	25.10	↑	25.13	↘	25.11	↔	25.06	↓	25.05	↔	25.10
	5:00	↔	24.79	↑	24.81	↘	24.78	↔	24.80	↘	24.76	↓	24.74	↓	24.74	↓	24.75
	6:00	↔	24.50	↑	24.50	↘	24.48	↑	24.51	↔	24.47	↔	24.47	↓	24.44	↘	24.47
	7:00	↘	24.52	↓	24.50	↓	24.51	↑	24.61	↑	24.60	↑	24.59	↔	24.54	↔	24.53
	8:00	↓	25.09	↓	25.08	↓	25.07	↔	25.27	↑	25.38	↑	25.35	↔	25.26	↘	25.19
	9:00	↘	25.89	↓	25.79	↓	25.82	↘	26.07	↑	26.20	↑	26.24	↔	26.10	↔	26.02
	10:00	↓	26.47	↓	26.36	↓	26.39	↔	26.67	↔	26.81	↑	26.93	↔	26.71	↔	26.62
	11:00	↘	27.22	↓	27.09	↓	27.04	↘	27.40	↔	27.46	↑	27.61	↔	27.49	↔	27.32
	12:00	↘	27.97	↓	27.91	↓	27.83	↘	28.15	↘	28.19	↑	28.28	↑	28.31	↔	28.17
	13:00	↘	28.67	↓	28.52	↓	28.52	↔	28.75	↘	28.79	↔	28.75	↔	28.73	↑	28.91
	14:00	↑	29.37	↓	29.12	↓	29.09	↑	29.38	↘	29.29	↔	29.27	↘	29.15	↑	29.32
	15:00	↘	29.80	↘	29.79	↓	29.65	↑	29.90	↔	29.82	↘	29.69	↓	29.60	↘	29.71
	16:00	↘	30.12	↘	30.14	↔	30.10	↑	30.23	↑	30.17	↔	30.07	↓	29.94	↘	30.06
	17:00	↘	30.49	↘	30.49	↔	30.43	↑	30.59	↘	30.47	↘	30.34	↓	30.23	↔	30.38
	18:00	↘	30.53	↘	30.53	↔	30.45	↑	30.59	↘	30.52	↔	30.47	↔	30.33	↘	30.42
	19:00	↘	29.84	↑	29.91	↘	29.84	↑	29.92	↘	29.84	↔	29.81	↓	29.70	↘	29.76
	20:00	↘	29.03	↑	29.16	↘	29.01	↘	29.11	↔	29.05	↔	29.06	↓	28.95	↓	28.98
	21:00	↔	28.45	↘	28.47	↑	28.50	↑	28.50	↔	28.46	↘	28.42	↓	28.40	↓	28.41
	22:00	↘	27.94	↘	27.93	↑	28.03	↘	27.98	↔	27.96	↘	27.91	↓	27.88	↘	27.93
23:00	↘	27.47	↘	27.46	↑	27.58	↔	27.50	↘	27.48	↓	27.43	↓	27.43	↘	27.46	

Temperatura Operativa

17-jun.	0:00	↘ 26.97	↘ 26.96	↑ 27.07	→ 26.98	↘ 26.96	↓ 26.92	↓ 26.94	↘ 26.95
	1:00	↘ 26.48	→ 26.49	↑ 26.55	→ 26.50	↘ 26.47	↓ 26.44	↓ 26.46	↘ 26.47
	2:00	→ 26.05	→ 26.05	↑ 26.11	→ 26.06	↘ 26.04	↓ 26.00	↘ 26.04	↘ 26.04
	3:00	↘ 25.63	→ 25.64	↑ 25.70	→ 25.65	↘ 25.62	↓ 25.59	↘ 25.63	↘ 25.63
	4:00	↑ 25.31	→ 25.27	→ 25.28	→ 25.28	→ 25.26	↓ 25.20	↓ 25.21	→ 25.27
	5:00	→ 24.99	↑ 25.01	↑ 25.00	↑ 25.00	↘ 24.95	↓ 24.92	↓ 24.93	→ 24.98
	6:00	↘ 24.70	↑ 24.75	→ 24.70	→ 24.72	↘ 24.65	↓ 24.64	↓ 24.62	→ 24.70
	7:00	↘ 24.64	↓ 24.63	→ 24.65	↑ 24.69	↑ 24.69	↘ 24.65	↓ 24.64	→ 24.67
	8:00	↓ 25.07	↓ 25.09	↓ 25.08	↑ 25.24	↑ 25.24	↑ 25.29	↑ 25.28	→ 25.17
	9:00	↘ 25.95	↓ 25.86	↓ 25.90	→ 26.11	↑ 26.25	↑ 26.25	→ 26.14	→ 26.07
	10:00	↘ 26.54	↓ 26.45	↓ 26.45	→ 26.72	↑ 26.81	↑ 26.90	→ 26.79	→ 26.68
	11:00	↘ 27.08	↓ 26.95	↓ 26.94	→ 27.24	↑ 27.35	↑ 27.43	→ 27.24	→ 27.19
	12:00	↘ 27.72	↓ 27.60	↓ 27.60	→ 27.90	↑ 27.99	↑ 28.00	→ 27.81	→ 27.80
	13:00	→ 28.30	↓ 28.20	↓ 28.14	↑ 28.39	↑ 28.44	→ 28.36	↘ 28.25	→ 28.36
	14:00	→ 28.81	↘ 28.70	↓ 28.65	↑ 28.90	↑ 28.87	→ 28.76	↓ 28.64	→ 28.79
	15:00	→ 29.28	↘ 29.14	↘ 29.15	↑ 29.38	→ 29.27	↘ 29.17	↓ 29.05	→ 29.24
	16:00	→ 29.74	→ 29.70	→ 29.70	↑ 29.90	→ 29.74	↘ 29.65	↓ 29.52	→ 29.69
	17:00	→ 30.23	↘ 30.21	→ 30.17	↑ 30.33	→ 30.24	→ 30.16	↓ 29.95	↘ 30.07
	18:00	↑ 30.46	↑ 30.45	→ 30.34	↑ 30.51	→ 30.47	→ 30.33	↓ 30.09	→ 30.28
	19:00	↑ 30.28	↑ 30.29	→ 30.22	↑ 30.32	→ 30.25	→ 30.19	↓ 30.01	↘ 30.13
	20:00	↑ 29.80	↑ 29.82	→ 29.77	↑ 29.84	→ 29.78	→ 29.73	↓ 29.62	→ 29.70
	21:00	→ 28.94	↑ 29.07	↘ 28.89	→ 28.98	→ 28.93	→ 28.93	↓ 28.80	↘ 28.87
	22:00	↘ 28.04	↑ 28.24	↘ 27.99	→ 28.08	↘ 28.02	↘ 28.04	↓ 27.92	↓ 27.98
23:00	↘ 27.52	↑ 27.73	↓ 27.47	→ 27.56	↘ 27.50	↘ 27.53	↓ 27.42	↓ 27.47	
18-jun.	0:00	↘ 26.99	↑ 27.19	↓ 26.94	↘ 27.02	↘ 26.96	↘ 27.00	↓ 26.90	↓ 26.94
		28.30	28.28	28.25	28.38	28.35	28.32	28.24	28.31

6.3 Anexo C: Tablas de perdidas y ganancias (en kW) para las diferentes orientaciones (Caso 2)

La tabla anexa a continuación que detalla los valores de las ganancias y perdidas de calor (en kW), de los principales cerramientos de la edificación residencial de 4 niveles, en cada una de las orientaciones planteadas.

Semana	Orientación	Nº	Acristalamiento			Muros			Suelos interiores			Suelo sobre el Terreno			Techos			Cubierta			Total KW	
			KW	+	-	KW	+	-	KW	+	-	KW	+	-	KW	+	-	KW	+	-		
Jun 11 - Jun 17	Sur 0°	Edificio	-11.40	173.54	-184.94	537.81	593.65	-55.84	-270.76	16.40	-287.16	-827.27	0.00	-827.27	277.08	300.97	-23.89	269.33	299.78	-30.45	-25.21	
		4	-51.05	22.84	-73.89	53.79	95.23	-41.44	-55.77	25.63	-81.40				0.45	9.83	-9.38	269.33	299.78	-30.45		
		3	-24.51	31.38	-55.90	91.36	116.29	-24.93	-34.82	22.78	-57.60				58.29	80.97	-22.67					
		2	-4.59	41.46	-46.05	126.63	144.02	-17.39	-180.16	0.00	-180.16				36.77	60.59	-23.82					
	1	68.76	84.41	-15.65	266.02	266.66	-0.64							-827.27	0.00	-827.27	181.56	181.56	0.00			
	Suroeste 45°	Edificio	-6.77	181.84	-188.61	621.59	671.35	-49.76	-284.58	21.13	-305.71	-857.40	0.00	-857.40	289.91	305.96	-16.05	235.11	275.01	-39.90	-2.14	
		4	-42.87	30.71	-73.58	73.57	108.66	-35.09	-63.25	29.49	-92.74				0.32	10.02	-9.70	235.11	275.01	-39.90		
		3	-25.77	31.30	-57.07	110.38	132.75	-22.38	-36.77	26.26	-63.04				65.36	81.30	-15.93					
		2	-5.90	41.40	-47.30	148.03	163.65	-15.62	-184.55	0.00	-184.55				38.40	61.33	-22.93					
	1	67.77	84.37	-16.60	289.62	290.40	-0.79							-857.40	0.00	-857.40	185.82	185.85	-0.04			
	Oeste 90°	Edificio	2.61	202.98	-200.37	617.36	671.63	-54.28	-308.58	36.58	-345.16	-888.84	0.00	-888.84	313.28	328.80	-15.52	226.89	267.70	-40.81	-37.28	
		4	-37.56	37.11	-74.67	75.25	113.18	-37.93	-74.29	37.69	-111.99				0.32	10.26	-9.94	226.89	267.70	-40.81		
		3	-24.61	34.91	-59.53	109.70	133.71	-24.01	-42.62	35.05	-77.67				76.21	90.34	-14.13					
		2	-4.65	45.79	-50.44	147.05	163.94	-16.89	-191.67	0.00	-191.67				44.06	68.51	-24.45					
	1	69.43	88.50	-19.07	285.36	286.37	-1.01							-888.84	0.00	-888.84	192.70	192.79	-0.09			
	Noroeste 135°	Edificio	-3.73	193.50	-197.23	587.34	636.04	-48.70	-291.44	30.67	-322.10	-859.39	0.00	-859.39	296.47	322.94	-26.48	236.42	270.04	-33.62	-34.33	
		4	-43.17	31.07	-74.24	70.49	108.55	-38.07	-65.50	35.35	-100.85				37.44	63.35	-25.91					
		3	-24.83	34.16	-58.99	102.69	125.88	-23.20	-39.29	31.83	-71.12				67.36	89.11	-21.55	236.42	270.04	-33.62		
		2	-4.72	44.76	-49.48	138.71	154.33	-15.63	-186.64	0.00	-186.64				40.84	67.55	-26.70					
	1	68.99	87.10	-18.11	275.46	275.87	-0.41							-859.39	0.00	-859.39	187.69	187.69	0.00			
	Norte 180°	Edificio	-9.36	179.08	-188.44	536.63	585.65	-49.01	-272.57	17.85	-290.42	-830.94	0.00	-830.94	279.03	309.24	-30.21	255.55	287.89	-32.34	-41.65	
		4	-49.90	23.79	-73.69	53.61	92.79	-39.18	-53.89	28.28	-82.17				0.52	10.65	-10.14	255.55	287.89	-32.34		
		3	-24.21	32.72	-56.93	90.06	113.41	-23.35	-35.45	25.18	-60.63				56.43	81.72	-25.29					
		2	-4.40	42.71	-47.11	126.16	141.84	-15.68	-183.23	0.00	-183.23				37.44	63.35	-25.91					
	1	69.16	85.19	-16.03	266.81	267.22	-0.41							-830.94	0.00	-830.94	184.64	184.64	0.00			
	Noreste 225°	Edificio	-9.02	187.50	-196.52	606.33	653.18	-46.85	-290.11	23.13	-313.24	-866.06	0.00	-866.06	295.68	316.19	-20.50	238.43	279.11	-40.68	-24.74	
		4	-44.42	30.66	-75.08	71.26	104.52	-33.25	-62.32	31.38	-93.70				0.47	10.65	-10.18	238.43	279.11	-40.68		
		3	-26.13	32.49	-58.62	106.93	128.37	-21.44	-38.81	28.67	-67.48				64.43	83.03	-18.60					
		2	-6.40	42.84	-49.25	143.57	158.35	-14.78	-188.98	0.00	-188.98				40.49	64.48	-23.99					
	1	67.94	85.81	-17.87	284.57	285.20	-0.63							-866.06	0.00	-866.06	190.30	190.32	-0.02			
	Este 270°	Edificio	1.67	204.42	-202.76	602.02	651.73	-49.71	-308.95	38.21	-347.16	-888.28	0.00	-888.28	313.74	332.30	-18.55	231.44	272.17	-40.73	-48.36	
		4	-38.11	37.01	-75.12	71.08	108.08	-37.00	-73.70	38.88	-112.59				0.37	10.68	-10.31	231.44	272.17	-40.73		
		3	-24.86	35.15	-60.01	105.65	128.31	-22.66	-42.75	35.42	-78.17				75.58	92.07	-16.49					
		2	-4.93	46.00	-50.93	143.11	158.75	-15.64	-192.50	0.00	-192.50				44.23	68.71	-24.48					
	1	69.57	89.00	-19.43	282.18	282.82	-0.64							-888.28	0.00	-888.28	193.56	193.58	-0.01			
	Sureste 315°	Edificio	-1.28	196.95	-198.23	571.04	623.04	-52.00	-295.77	31.64	-327.41	-861.84	0.00	-861.84	300.70	323.91	-23.20	244.83	278.65	-33.82	-42.31	
		4	-42.15	32.12	-74.27	66.00	104.95	-38.95	-69.08	35.03	-104.12				0.39	10.30	-9.91	244.83	278.65	-33.82		
		3	-24.33	34.59	-58.93	98.07	122.23	-24.16	-40.19	32.02	-72.21				71.08	91.37	-20.29					
		2	-4.29	45.36	-49.65	134.30	150.77	-16.47	-186.50	0.00	-186.50				41.69	67.26	-25.56					
	1	69.49	87.94	-18.45	272.67	273.23	-0.56							-861.84	0.00	-861.84	187.54	187.54	0.00			

6.4 Anexo D: Tablas de temperaturas operativas horarias para las diferentes orientaciones (Caso 2)

En la siguiente tabla, están contenidas las temperaturas operativas de la edificación residencial multiplanta analizada, en función de las horas que componen el día, en las diferentes orientaciones en que se realizó la simulación.

Temperatura Operativa

Fecha/Hora	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
11-jun.	1:00	→ 26.96	→ 27.08	→ 27.05	→ 26.96	→ 27.01	→ 27.15	→ 27.03	→ 26.94
	2:00	↑ 26.68	→ 26.83	→ 26.81	↑ 26.67	↑ 26.70	↓ 26.91	→ 26.79	↑ 26.68
	3:00	↑ 26.33	↑ 26.44	↑ 26.43	↑ 26.30	↑ 26.36	↑ 26.52	↑ 26.42	↑ 26.32
	4:00	↑ 26.02	→ 26.10	→ 26.08	↑ 25.98	↑ 26.05	↓ 26.18	→ 26.08	↑ 26.00
	5:00	↑ 25.79	→ 25.87	↓ 25.88	↑ 25.80	↑ 25.82	↓ 25.92	↓ 25.87	↑ 25.82
	6:00	↑ 25.57	→ 25.63	↓ 25.66	↑ 25.59	↑ 25.58	↓ 25.67	↓ 25.66	→ 25.60
	7:00	↑ 25.49	↓ 25.57	↓ 25.60	↑ 25.51	↑ 25.50	↓ 25.60	↓ 25.59	↑ 25.52
	8:00	↑ 25.91	↓ 26.09	↓ 26.12	↑ 25.91	↑ 25.88	↓ 26.11	↓ 26.11	→ 25.97
	9:00	↑ 26.45	↓ 26.64	↓ 26.67	↑ 26.42	↑ 26.44	↓ 26.68	↓ 26.68	↑ 26.47
	10:00	↑ 26.94	↓ 27.17	↓ 27.20	↑ 26.95	↑ 26.92	↓ 27.23	↓ 27.23	↑ 26.97
	11:00	↑ 27.47	↓ 27.70	↓ 27.73	↑ 27.51	↑ 27.46	↓ 27.75	↓ 27.76	↑ 27.53
	12:00	↑ 28.00	↓ 28.25	↓ 28.28	↑ 28.04	↑ 27.98	↓ 28.31	↓ 28.31	↑ 28.07
	13:00	↑ 28.47	↓ 28.71	↓ 28.75	↑ 28.50	↑ 28.47	↓ 28.79	↓ 28.77	↑ 28.53
	14:00	↑ 28.90	↓ 29.13	↓ 29.18	↑ 28.97	↑ 28.91	↓ 29.23	↓ 29.19	↑ 28.96
	15:00	↑ 29.28	↓ 29.51	↓ 29.55	↑ 29.34	↑ 29.28	↓ 29.59	↓ 29.57	↑ 29.35
	16:00	↑ 29.56	↓ 29.82	↓ 29.90	→ 29.68	↑ 29.57	↓ 29.90	↓ 29.90	↑ 29.67
	17:00	↑ 29.77	→ 30.03	↓ 30.22	→ 29.99	↑ 29.81	↓ 30.13	↓ 30.20	→ 29.97
	18:00	↑ 29.84	→ 30.07	↓ 30.37	→ 30.17	↑ 29.94	↓ 30.20	↓ 30.37	→ 30.16
	19:00	↑ 29.68	→ 29.90	↓ 30.17	→ 30.01	↑ 29.79	↓ 30.04	↓ 30.19	→ 30.00
	20:00	↑ 29.34	→ 29.52	↓ 29.71	→ 29.56	↑ 29.42	↓ 29.63	↓ 29.71	→ 29.54
	21:00	↑ 28.95	→ 29.07	↓ 29.24	↓ 29.16	↑ 29.02	→ 29.14	↓ 29.21	→ 29.13
	22:00	↑ 28.51	↑ 28.56	↓ 28.69	→ 28.62	→ 28.58	→ 28.61	↓ 28.65	→ 28.58
	23:00	↑ 28.00	↑ 28.00	↓ 28.08	→ 28.02	↓ 28.06	→ 28.03	→ 28.04	↑ 27.98
12-jun.	0:00	→ 27.49	→ 27.43	→ 27.49	→ 27.44	↑ 27.54	→ 27.46	→ 27.44	↓ 27.40
	1:00	→ 27.03	→ 26.96	→ 26.98	↓ 26.94	↑ 27.11	→ 26.98	↓ 26.94	↓ 26.91
	2:00	→ 26.49	↓ 26.45	→ 26.50	→ 26.53	↑ 26.58	→ 26.48	→ 26.49	→ 26.49
	3:00	↓ 25.97	↓ 25.99	↑ 26.07	↑ 26.09	→ 26.03	→ 26.01	→ 26.01	→ 26.02
	4:00	↓ 25.70	→ 25.74	↑ 25.80	↑ 25.79	→ 25.75	→ 25.75	→ 25.74	→ 25.74
	5:00	↓ 25.50	→ 25.54	↑ 25.60	→ 25.56	↓ 25.52	→ 25.54	→ 25.55	→ 25.52
	6:00	↓ 25.27	→ 25.32	↑ 25.38	→ 25.34	↓ 25.29	→ 25.33	→ 25.35	→ 25.30
	7:00	↓ 25.16	→ 25.22	↑ 25.28	→ 25.20	↓ 25.18	→ 25.22	→ 25.23	→ 25.19
	8:00	↓ 25.41	↑ 25.57	↑ 25.62	→ 25.42	↓ 25.37	↑ 25.57	↑ 25.58	→ 25.45
	9:00	↓ 25.80	→ 26.02	↑ 26.14	→ 25.88	↓ 25.76	→ 26.04	↑ 26.12	→ 25.91
	10:00	↓ 26.37	→ 26.62	↑ 26.76	→ 26.47	↓ 26.33	→ 26.64	↑ 26.78	→ 26.49
	11:00	↓ 26.96	→ 27.23	↑ 27.30	→ 27.08	↓ 26.95	↑ 27.28	↑ 27.32	→ 27.08
	12:00	↓ 27.54	→ 27.83	↑ 27.89	→ 27.62	↓ 27.53	↑ 27.88	↑ 27.91	→ 27.63
	13:00	↓ 28.05	→ 28.33	↑ 28.40	→ 28.12	↓ 28.03	↑ 28.41	↑ 28.42	→ 28.12
	14:00	↓ 28.52	→ 28.78	↑ 28.85	→ 28.60	↓ 28.51	↑ 28.86	↑ 28.87	↓ 28.58
	15:00	↓ 28.90	→ 29.18	↑ 29.26	→ 29.03	↓ 28.92	↑ 29.26	↑ 29.28	→ 29.01
	16:00	↓ 29.22	→ 29.53	↑ 29.68	→ 29.44	↓ 29.25	↑ 29.62	↑ 29.65	→ 29.40
	17:00	↓ 29.48	→ 29.80	↑ 30.10	→ 29.84	↓ 29.55	→ 29.90	↑ 30.06	→ 29.78
	18:00	↓ 29.60	→ 29.91	↑ 30.36	→ 30.11	↓ 29.75	→ 30.08	↑ 30.34	→ 30.08
	19:00	↓ 29.56	→ 29.85	↑ 30.37	→ 30.14	→ 29.74	→ 30.05	↑ 30.39	→ 30.15
	20:00	↓ 29.27	→ 29.54	↑ 29.93	→ 29.72	↓ 29.38	→ 29.66	↑ 29.92	→ 29.71
	21:00	↓ 28.94	→ 29.19	↑ 29.48	→ 29.29	↓ 29.01	→ 29.26	↑ 29.45	→ 29.27
	22:00	↓ 28.60	→ 28.83	↑ 29.08	→ 28.89	↓ 28.65	→ 28.88	↑ 29.04	→ 28.87
23:00	↓ 28.23	→ 28.45	↑ 28.67	→ 28.49	↓ 28.27	→ 28.48	↑ 28.63	→ 28.48	

Temperatura Operativa

13-jun.	0:00	↓ 27.85	→ 28.06	↑ 28.25	→ 28.08	↓ 27.88	→ 28.08	↑ 28.21	→ 28.07
	1:00	↓ 27.54	→ 27.73	↑ 27.91	→ 27.75	↓ 27.56	→ 27.75	↑ 27.87	→ 27.73
	2:00	↓ 27.29	→ 27.47	↑ 27.62	→ 27.48	↓ 27.31	→ 27.48	↑ 27.59	→ 27.47
	3:00	↓ 26.97	→ 27.15	↑ 27.27	→ 27.10	↓ 26.98	→ 27.19	↑ 27.26	→ 27.11
	4:00	↓ 26.61	↑ 26.85	↑ 26.90	→ 26.72	↓ 26.61	↑ 26.91	↑ 26.90	→ 26.72
	5:00	↓ 26.51	→ 26.68	↑ 26.73	→ 26.59	↓ 26.53	↑ 26.73	↑ 26.72	→ 26.61
	6:00	↓ 26.41	→ 26.56	↑ 26.65	→ 26.53	↓ 26.43	→ 26.58	↑ 26.64	→ 26.54
	7:00	↓ 26.41	→ 26.56	↑ 26.65	→ 26.52	↓ 26.42	→ 26.58	↑ 26.64	→ 26.53
	8:00	↓ 26.92	→ 27.16	↑ 27.26	→ 27.01	↓ 26.89	→ 27.16	↑ 27.23	→ 27.06
	9:00	↓ 27.55	→ 27.84	↑ 27.97	→ 27.63	↓ 27.49	→ 27.86	↑ 27.95	→ 27.69
	10:00	↓ 28.02	→ 28.32	↑ 28.43	→ 28.13	↓ 27.98	↑ 28.37	↑ 28.45	→ 28.16
	11:00	↓ 28.40	→ 28.73	↑ 28.83	→ 28.55	↓ 28.38	↑ 28.77	↑ 28.85	→ 28.57
	12:00	↓ 28.83	→ 29.17	↑ 29.30	→ 28.99	↓ 28.81	↑ 29.23	↑ 29.32	→ 29.02
	13:00	↓ 29.28	→ 29.63	↑ 29.75	→ 29.44	↓ 29.27	↑ 29.69	↑ 29.77	→ 29.46
	14:00	↓ 29.74	→ 30.08	↑ 30.18	→ 29.91	↓ 29.73	↑ 30.14	↑ 30.21	→ 29.92
	15:00	↓ 30.16	→ 30.49	↑ 30.60	→ 30.34	↓ 30.17	↑ 30.55	↑ 30.61	→ 30.34
	16:00	↓ 30.51	→ 30.83	↑ 30.98	→ 30.72	↓ 30.52	↑ 30.89	↑ 30.96	→ 30.70
	17:00	↓ 30.74	→ 31.07	↑ 31.34	→ 31.06	↓ 30.78	→ 31.16	↑ 31.31	→ 31.03
	18:00	↓ 30.89	→ 31.22	↑ 31.60	→ 31.34	↓ 30.98	→ 31.34	↑ 31.58	→ 31.33
	19:00	↓ 30.91	→ 31.20	↑ 31.58	→ 31.40	↓ 31.02	→ 31.33	↑ 31.58	→ 31.38
	20:00	↓ 30.74	→ 30.93	↑ 31.20	→ 31.04	↓ 30.82	→ 31.02	↑ 31.20	→ 31.03
	21:00	↓ 30.37	→ 30.58	↑ 30.84	→ 30.71	↓ 30.45	→ 30.65	↑ 30.81	→ 30.68
	22:00	↓ 29.96	→ 30.16	↑ 30.42	→ 30.32	↓ 30.02	→ 30.22	↑ 30.37	→ 30.28
23:00	↓ 29.47	→ 29.65	↑ 29.89	↑ 29.82	↓ 29.53	→ 29.69	↑ 29.83	→ 29.78	
14-jun.	0:00	↓ 28.92	→ 29.08	↑ 29.29	↑ 29.26	↓ 28.96	→ 29.09	↑ 29.22	↑ 29.22
	1:00	↓ 28.37	→ 28.51	↑ 28.64	→ 28.52	↓ 28.39	→ 28.52	↑ 28.60	→ 28.51
	2:00	↓ 27.79	→ 27.98	↑ 28.30	→ 27.99	↓ 27.82	→ 27.97	↑ 28.22	→ 27.98
	3:00	↓ 27.46	→ 27.60	↑ 27.74	→ 27.61	↓ 27.47	→ 27.61	↑ 27.71	→ 27.60
	4:00	↓ 27.08	→ 27.19	↑ 27.39	→ 27.30	↓ 27.11	→ 27.23	↑ 27.36	→ 27.25
	5:00	↓ 26.73	→ 26.83	↑ 26.99	→ 26.90	↓ 26.77	→ 26.87	↑ 26.97	→ 26.88
	6:00	↓ 26.36	→ 26.46	↑ 26.61	→ 26.54	↓ 26.40	→ 26.50	↑ 26.59	→ 26.50
	7:00	↓ 25.97	→ 26.08	↑ 26.28	↑ 26.22	↓ 26.03	→ 26.13	↑ 26.21	→ 26.17
	8:00	↓ 25.79	→ 25.89	↑ 26.01	↑ 25.97	↓ 25.80	→ 25.88	→ 25.97	→ 25.92
	9:00	↓ 25.89	↓ 25.90	→ 25.98	↑ 26.02	↓ 25.91	↓ 25.90	→ 25.93	→ 25.98
	10:00	→ 26.23	→ 26.20	→ 26.24	→ 26.21	↑ 26.27	→ 26.20	→ 26.20	↓ 26.18
	11:00	→ 26.39	→ 26.39	↑ 26.44	→ 26.39	→ 26.42	→ 26.40	→ 26.40	↓ 26.37
	12:00	↓ 26.65	→ 26.68	↑ 26.72	→ 26.67	→ 26.69	→ 26.69	→ 26.70	↓ 26.65
	13:00	↓ 27.01	↓ 27.01	↑ 27.06	→ 27.02	↑ 27.05	→ 27.03	→ 27.04	↓ 27.00
	14:00	↓ 27.35	→ 27.40	↑ 27.45	→ 27.41	→ 27.37	→ 27.42	↑ 27.43	→ 27.38
	15:00	↓ 27.63	→ 27.66	↑ 27.72	→ 27.67	→ 27.66	→ 27.68	→ 27.70	→ 27.66
	16:00	↓ 27.80	→ 27.86	↑ 27.91	→ 27.86	↓ 27.82	→ 27.88	→ 27.88	→ 27.84
	17:00	↓ 27.87	→ 27.95	↑ 28.05	→ 27.98	↓ 27.90	→ 27.98	↑ 28.02	→ 27.96
	18:00	↓ 27.90	→ 28.04	↑ 28.23	→ 28.15	→ 27.98	→ 28.11	↑ 28.22	→ 28.13
	19:00	↓ 27.91	→ 28.06	↑ 28.32	→ 28.25	→ 28.02	→ 28.18	↑ 28.34	→ 28.24
	20:00	↓ 27.66	→ 27.77	↑ 27.92	→ 27.87	→ 27.74	→ 27.86	↑ 27.93	→ 27.86
	21:00	↓ 27.24	→ 27.44	↑ 27.47	→ 27.39	→ 27.30	↑ 27.50	↑ 27.46	→ 27.39
	22:00	↓ 26.83	→ 26.96	↑ 27.00	→ 26.94	→ 26.89	↑ 27.01	↑ 26.98	→ 26.92
23:00	↓ 26.47	→ 26.50	↑ 26.55	→ 26.50	→ 26.53	↑ 26.54	→ 26.52	↓ 26.47	

Temperatura Operativa

15-jun.	0:00	↓ 26.09	→ 26.14	↗ 26.16	↓ 26.11	→ 26.15	↑ 26.20	→ 26.14	↓ 26.10
	1:00	↓ 25.72	→ 25.78	↑ 25.83	↘ 25.76	↘ 25.76	↑ 25.85	→ 25.78	↓ 25.74
	2:00	↓ 25.44	↘ 25.46	↑ 25.53	↗ 25.50	→ 25.48	↘ 25.46	↘ 25.45	↓ 25.42
	3:00	↓ 25.15	↓ 25.17	↑ 25.28	↑ 25.30	↓ 25.16	↓ 25.15	↓ 25.17	→ 25.23
	4:00	→ 24.94	↘ 24.92	↗ 24.97	↑ 25.00	→ 24.97	↓ 24.90	↘ 24.93	↓ 24.92
	5:00	↗ 24.79	↓ 24.73	→ 24.76	↗ 24.80	↑ 24.83	↓ 24.71	↓ 24.72	↘ 24.74
	6:00	→ 24.66	↓ 24.60	↘ 24.63	↗ 24.67	↑ 24.71	↓ 24.59	↓ 24.61	↘ 24.61
	7:00	→ 24.63	↗ 24.65	↘ 24.61	↘ 24.60	↑ 24.68	↓ 24.58	↓ 24.58	↓ 24.60
	8:00	↓ 24.88	↑ 25.00	↑ 25.02	↓ 24.89	↓ 24.88	↗ 24.98	↗ 24.97	↓ 24.87
	9:00	↓ 25.38	↗ 25.56	↑ 25.64	→ 25.46	↓ 25.33	↗ 25.55	↑ 25.61	→ 25.48
	10:00	↓ 26.08	↗ 26.31	↑ 26.37	↘ 26.15	↓ 26.04	↑ 26.32	↑ 26.39	↘ 26.16
	11:00	↓ 26.54	↗ 26.81	↑ 26.87	↘ 26.64	↓ 26.52	↑ 26.85	↑ 26.90	↘ 26.64
	12:00	↓ 26.98	↗ 27.29	↑ 27.34	↘ 27.08	↓ 26.96	↑ 27.34	↑ 27.38	↘ 27.08
	13:00	↓ 27.47	↗ 27.76	↑ 27.81	↘ 27.56	↓ 27.47	↑ 27.81	↑ 27.84	↘ 27.55
	14:00	↓ 27.95	↗ 28.22	↑ 28.28	↘ 28.05	↓ 27.95	↑ 28.27	↑ 28.31	↘ 28.04
	15:00	↓ 28.38	↗ 28.65	↑ 28.72	↘ 28.51	↓ 28.39	↑ 28.71	↑ 28.73	↘ 28.50
	16:00	↓ 28.74	↗ 29.01	↑ 29.13	→ 28.91	↓ 28.75	↑ 29.07	↑ 29.10	↘ 28.88
	17:00	↓ 28.98	→ 29.28	↑ 29.56	→ 29.29	↓ 29.03	↗ 29.35	↑ 29.50	→ 29.24
	18:00	↓ 29.11	→ 29.41	↑ 29.84	↗ 29.58	↓ 29.22	→ 29.54	↑ 29.80	↘ 29.55
	19:00	↓ 29.10	↘ 29.32	↑ 29.73	↗ 29.54	↓ 29.22	→ 29.45	↑ 29.73	↘ 29.53
	20:00	↓ 28.75	↘ 28.91	↑ 29.22	↗ 29.10	↓ 28.83	→ 29.00	↑ 29.20	↘ 29.08
	21:00	↓ 28.42	↘ 28.57	↑ 28.80	↗ 28.70	↓ 28.48	→ 28.62	↑ 28.77	↘ 28.68
	22:00	↓ 28.12	→ 28.27	↑ 28.44	↗ 28.31	↓ 28.18	↗ 28.34	↑ 28.42	→ 28.30
23:00	↓ 27.74	→ 27.91	↑ 28.02	→ 27.91	↓ 27.78	↗ 27.95	↑ 28.00	→ 27.88	
16-jun.	0:00	↓ 27.36	↗ 27.57	↑ 27.61	→ 27.50	↓ 27.40	↑ 27.62	↑ 27.60	→ 27.48
	1:00	↓ 27.06	↑ 27.26	↑ 27.27	→ 27.16	↓ 27.09	↑ 27.31	↑ 27.26	↘ 27.15
	2:00	↓ 26.86	↗ 26.96	↑ 27.01	↘ 26.92	↘ 26.91	↑ 27.02	↑ 27.00	↘ 26.91
	3:00	↓ 26.64	↗ 26.74	↑ 26.77	↘ 26.68	↘ 26.68	↑ 26.79	↑ 26.77	↘ 26.70
	4:00	↓ 26.40	↗ 26.51	↑ 26.56	↘ 26.46	↓ 26.43	↑ 26.56	↑ 26.56	→ 26.48
	5:00	↓ 26.20	↗ 26.30	↑ 26.36	↘ 26.27	↓ 26.21	↑ 26.33	↑ 26.36	↘ 26.28
	6:00	↓ 25.98	↗ 26.07	↑ 26.11	↘ 26.06	↘ 26.01	↑ 26.10	↑ 26.12	↘ 26.07
	7:00	↓ 25.92	→ 26.00	↑ 26.07	↘ 26.03	↓ 25.95	↗ 26.03	↑ 26.09	→ 26.02
	8:00	↓ 26.41	↗ 26.59	↑ 26.70	→ 26.55	↓ 26.37	↗ 26.60	↑ 26.67	↘ 26.57
	9:00	↓ 27.01	↗ 27.21	↑ 27.29	↘ 27.06	↓ 26.97	↑ 27.25	↑ 27.29	↘ 27.09
	10:00	↓ 27.49	↗ 27.68	↑ 27.76	↘ 27.54	↓ 27.46	↑ 27.73	↑ 27.78	↘ 27.55
	11:00	↓ 27.86	↗ 28.10	↑ 28.17	↘ 27.95	↓ 27.84	↑ 28.15	↑ 28.19	↘ 27.97
	12:00	↓ 28.28	↗ 28.53	↑ 28.60	↘ 28.38	↓ 28.26	↑ 28.58	↑ 28.62	↘ 28.39
	13:00	↓ 28.66	↗ 28.89	↑ 28.97	↘ 28.76	↓ 28.65	↑ 28.95	↑ 28.99	↘ 28.77
	14:00	↓ 28.93	↗ 29.16	↑ 29.23	↘ 29.04	↓ 28.93	↑ 29.22	↑ 29.24	↘ 29.04
	15:00	↓ 29.14	↗ 29.36	↑ 29.42	↘ 29.26	↓ 29.16	↑ 29.42	↑ 29.44	↘ 29.25
	16:00	↓ 29.33	↗ 29.54	↑ 29.63	→ 29.48	↓ 29.35	↑ 29.61	↑ 29.63	→ 29.46
	17:00	↓ 29.45	→ 29.66	↑ 29.81	→ 29.67	↓ 29.49	↗ 29.73	↑ 29.80	→ 29.64
	18:00	↓ 29.44	→ 29.62	↑ 29.81	↘ 29.69	↓ 29.49	↗ 29.70	↑ 29.80	↘ 29.67
	19:00	↓ 29.30	→ 29.46	↑ 29.64	↘ 29.55	↓ 29.35	↗ 29.53	↑ 29.63	↘ 29.52
	20:00	↓ 29.08	→ 29.23	↑ 29.42	↘ 29.31	↓ 29.12	↗ 29.29	↑ 29.41	→ 29.28
	21:00	↓ 28.82	→ 28.96	↑ 29.12	↘ 29.02	↓ 28.86	↗ 29.01	↑ 29.11	→ 28.99
	22:00	↓ 28.51	→ 28.63	↑ 28.73	↘ 28.64	↓ 28.54	↗ 28.68	↑ 28.73	↘ 28.63
23:00	↓ 28.10	↗ 28.22	↑ 28.28	→ 28.20	↓ 28.13	↑ 28.26	↑ 28.30	→ 28.21	

Temperatura Operativa

17-jun.	0:00	↓ 27.62	↗ 27.72	↑ 27.76	↘ 27.69	↘ 27.66	↑ 27.77	↑ 27.77	↘ 27.71
	1:00	↓ 27.18	↗ 27.28	↑ 27.30	↘ 27.24	↘ 27.22	↑ 27.33	↑ 27.32	↘ 27.27
	2:00	↓ 26.81	↗ 26.91	↑ 26.96	↘ 26.88	↓ 26.83	↑ 26.94	↑ 26.97	↘ 26.89
	3:00	↓ 26.42	↗ 26.51	↑ 26.56	↘ 26.49	↓ 26.44	↗ 26.54	↑ 26.56	↘ 26.50
	4:00	↓ 26.07	↗ 26.15	↑ 26.20	↘ 26.13	↓ 26.09	↑ 26.18	↑ 26.20	↘ 26.14
	5:00	↓ 25.77	↗ 25.84	↑ 25.88	↘ 25.82	↓ 25.78	↑ 25.86	↑ 25.89	↘ 25.83
	6:00	↓ 25.53	↗ 25.59	↑ 25.63	↘ 25.57	↓ 25.54	↗ 25.61	↑ 25.64	↘ 25.59
	7:00	↓ 25.42	↗ 25.49	↑ 25.51	↘ 25.45	↓ 25.43	↗ 25.50	↑ 25.52	↘ 25.46
	8:00	↓ 25.69	↑ 25.82	↑ 25.86	↘ 25.71	↓ 25.67	↑ 25.83	↑ 25.85	↘ 25.75
	9:00	↓ 26.20	↗ 26.35	↑ 26.40	↘ 26.22	↓ 26.17	↑ 26.37	↑ 26.41	↘ 26.26
	10:00	↓ 26.70	↗ 26.87	↑ 26.91	↘ 26.75	↓ 26.69	↑ 26.90	↑ 26.94	↘ 26.77
	11:00	↓ 26.98	↗ 27.11	↑ 27.13	↓ 27.00	↓ 26.99	↑ 27.15	↑ 27.17	↓ 27.01
	12:00	↓ 27.05	↗ 27.20	↑ 27.24	↓ 27.09	↓ 27.05	↑ 27.25	↑ 27.27	↘ 27.10
	13:00	↓ 27.18	↗ 27.31	↑ 27.41	↘ 27.24	↓ 27.19	↗ 27.35	↑ 27.44	↘ 27.25
	14:00	↓ 27.52	↗ 27.67	↑ 27.69	↘ 27.57	↓ 27.53	↑ 27.72	↑ 27.72	↘ 27.57
	15:00	↓ 27.95	↗ 28.09	↑ 28.10	↘ 28.00	↓ 27.95	↑ 28.12	↑ 28.13	↘ 28.01
	16:00	↓ 28.35	↗ 28.52	↑ 28.62	↘ 28.48	↓ 28.35	↗ 28.54	↑ 28.60	↘ 28.47
	17:00	↓ 28.60	↘ 28.78	↑ 29.11	↘ 28.88	↓ 28.64	↗ 28.84	↑ 29.07	↘ 28.85
	18:00	↓ 28.71	↘ 28.92	↑ 29.43	↘ 29.17	↓ 28.81	↗ 29.04	↑ 29.41	↘ 29.18
	19:00	↓ 28.66	↘ 28.91	↑ 29.38	↘ 29.19	↓ 28.80	↗ 29.07	↑ 29.40	↘ 29.20
	20:00	↓ 28.41	↘ 28.59	↑ 28.89	↘ 28.76	↘ 28.51	↗ 28.71	↑ 28.90	↘ 28.75
	21:00	↓ 28.12	↘ 28.26	↑ 28.47	↘ 28.34	↓ 28.18	↗ 28.34	↑ 28.45	↘ 28.32
	22:00	↓ 27.75	↘ 27.98	↑ 28.08	↘ 27.95	↓ 27.80	↑ 28.03	↑ 28.06	↘ 27.94
23:00	↓ 27.39	↘ 27.57	↑ 27.66	↘ 27.55	↓ 27.43	↑ 27.62	↑ 27.62	↘ 27.52	
18-jun.	0:00	↓ 27.11	↘ 27.16	↑ 27.27	↘ 27.21	↘ 27.15	↘ 27.17	↘ 27.23	↘ 27.17
		27.55	27.71	27.83	27.69	27.58	27.76	27.82	27.68

Bibliografía

- [1] Ghulam Akhmat, Khalid Zaman, Tan Shukui, and Faiza Sajjad. Does energy consumption contribute to climate change? evidence from major regions of the world. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36:123 – 134, 2014. 3
- [2] Jukka Heinonen and Seppo Junnila. Residential energy consumption patterns and the overall housing energy requirements of urban and rural households in finland. *Energy and Buildings*, 76(0):295 – 303, 2014. 3
- [3] Panagiotis Chastas, Theodoros Theodosiou, and Dimitrios Bikas. Embodied energy in residential buildings-towards the nearly zero energy building: A literature review. *Building and Environment*, pages–, 2016. 3
- [4] A. Allouhi, Y. El Fouih, T. Kousksou, A. Jamil, Y. Zeraouli, and Y. Mourad. Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends. *Journal of Cleaner Production*, 109:118 – 130, 2015. 3, 4
- [5] Amine Allouhi, Tarik Kousksou, Abdelmajid Jamil, Tarik El Rhafiki, Youssef Mourad, and Youssef Zeraouli. Economic and environmental assessment of solar air-conditioning systems in morocco. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50:770 – 781, 2015. 4
- [6] DP van Vuuren, N Nakicenovic, K Riahi, A Brew-Hammond, D Kammen, V Modi, M Nilsson, and KR Smith. An energy vision: the transformation towards sustainability interconnected challenges and solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(1):18 – 34, 2012. Open issue. 4

BIBLIOGRAFÍA

- [7] ©. Greenpeace. Cambio climático, 2017. 4
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014: Synthesis report. summary for policymakers (2014). 4
- [9] Patrick Chalmers. Climate change: Implications for buildings. Technical report, University of Cambridge, BPIE, Global Buildings Performance Network and WBCSD, June 2014. 4
- [10] Pieter de Wilde and David Coley. The implications of a changing climate for buildings. *Building and Environment*, 55:1 – 7, 2012. Implications of a Changing Climate for Buildings. 5
- [11] Sergio Vera and Martín Ordenes. Evaluación del desempeño energo-térmico de una vivienda social en Chile, utilizando un programa de simulación energética de edificios. *Revista Ingeniería de Construcción*, 17(3):133–142, 2011. 5, 110
- [12] Kattia Villadiego and Marc André Velay-Dabat. Outdoor thermal comfort in a hot and humid climate of Colombia: A field study in Barranquilla. *Building and Environment*, 75:142 – 152, 2014. 6, 110
- [13] Tania Sharmin, Koen Steemers, and Andreas Matzarakis. Analysis of microclimatic diversity and outdoor thermal comfort perceptions in the tropical megacity Dhaka, Bangladesh. *Building and Environment*, 94, Part 2:734 – 750, 2015. 6, 110
- [14] Enciclopedia Característica. Clima cálido: Clima tropical húmedo, 2017. 7
- [15] Ana Cecília Rodrigues Moreno, Ingrid Stephanie de Moraes, and Roberta-Vieira Gonçalves de Souza. Thermal performance of social housing- a study based on Brazilian regulations. *Energy Procedia*, 111:111 – 120, 2017. 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-16, 11-13 September 2016, Turin, Italy. 7

- [16] Nazhatulzalkis Jamaludin, Nurul Izma Mohammed, Mohd Faris Khamidi, and Suriani Ngah Abdul Wahab. Thermal comfort of residential building in Malaysia at different micro-climates. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 170:613 – 623, 2015. AcE-Bs 2014 Seoul (Asian Conference on Environment-Behaviour Studies), Chung-Ang University, Seoul, S. Korea, 25-27 August 2014. 7
- [17] Raquel Diniz Oliveira, Roberta Vieira Gonçalves de Souza, Ana Júlia Maia Mairink, Magno Tadeu Gomes Rizzi, and Roberto Márcio da Silva. Thermal comfort for users according to the Brazilian housing buildings performance standards. *Energy Procedia*, 78:2923 – 2928, 2015. 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015. 7
- [18] Teresa Gutiérrez, Ramona Romero, and Cristina Sotelo. Thermal energy impact of bioclimatic techniques applied to low-income housing in a hot dry climate. *Energy Procedia*, 57:1743 – 1752, 2014. 2013 ISES Solar World Congress. 7
- [19] David Borge-Diez, Antonio Colmenar-Santos, Clara Pérez-Molina, and Manuel Castro-Gil. Passive climatization using a cool roof and natural ventilation for internally displaced persons in hot climates: Case study for Haiti. *Building and Environment*, 59:116 – 126, 2013. 7
- [20] Hicham Mastouri, Brahim Benhamou, Hassan Hamdi, and Elie Mouyal. Thermal performance assessment of passive techniques integrated into a residential building in semi-arid climate. *Energy and Buildings*, 143:1 – 16, 2017. 7, 9
- [21] Margot Pellegrino, Marco Simonetti, and Giacomo Chiesa. Reducing thermal discomfort and energy consumption of Indian residential buildings: Model validation by in-field measurements and simulation of low-cost interventions. *Energy and Buildings*, 113:145 – 158, 2016. 7
- [22] Carolina A. Alves, Denise H.S. Duarte, and Fábio L.T. Goncalves. Residential buildings thermal performance and comfort for the elderly under climate

BIBLIOGRAFÍA

- changes context in the city of Sao Paulo, Brazil. *Energy and Buildings*, 114:62 – 71, 2016. SI: Countermeasures to Urban Heat Island. 8
- [23] S.S. Chandel and Amitava Sarkar. Performance assessment of a passive solar building for thermal comfort and energy saving in a hilly terrain of India. *Energy and Buildings*, 86:873 – 885, 2015. 8
- [24] S. Aysha and Monto Mani. Adaptation of buildings to climate change. In Martin A. Abraham, editor, *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, pages 331 – 349. Elsevier, Oxford, 2017. 8
- [25] M. Beccali, V. Strazzeri, M.L. Germanà, V. Melluso, and A. Galatioto. Vernacular and bioclimatic architecture and indoor thermal comfort implications in hot-humid climates: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017. 8
- [26] Joshua Kneifel and David Webb. Predicting energy performance of a net-zero energy building: A statistical approach. *Applied Energy*, 178:468 – 483, 2016. 9
- [27] Oficina Nacional de Estadística. Características de la vivienda y del hogar en el ix censo nacional de población y vivienda 2010. Technical report, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2012. 9, 111
- [28] Eduardo Balvís, Óscar Sampedro, Sonia Zaragoza, Angel Paredes, and Humberto Michinel. A simple model for automatic analysis and diagnosis of environmental thermal comfort in energy efficient buildings. *Applied Energy*, 177:60 – 70, 2016. 9
- [29] Koen Claes, Lieven De Boever, and Hilde Breesch. Design recommendations for robust thermal summer comfort in residential lightweight buildings in a moderate climate. *Energy Procedia*, 78:2832 – 2837, 2015. 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015. 9
- [30] Wan Iman Wan Mohd Nazi, Mohammad Royapoor, Yaodong Wang, and Anthony Paul Roskilly. Office building cooling load reduction using thermal analysis method – a case study. *Applied Energy*, pages–, 2016. 9

- [31] Naief A. Aldossary, Yacine Rezgui, and Alan Kwan. Domestic energy consumption patterns in a hot and humid climate: A multiple-case study analysis. *Applied Energy*, 114:353 – 365, 2014. 9
- [32] Designbuilder, 2014. 10, 120, 123
- [33] Department of Energy USA. Energyplus energy simulation software, 2015. 10, 120, 121
- [34] S. de la Torre and C. Yousif. Evaluation of chimney stack effect in a new brewery using designbuilder-energyplus software. *Energy Procedia*, 62(0):230 – 235, 2014. 11, 120
- [35] M.M. Rahman, M.G. Rasul, and M.M.K. Khan. Energy conservation measures in an institutional building in sub-tropical climate in australia. *Applied Energy*, 87(10):2994 – 3004, 2010. 11, 120
- [36] Ashfaque Ahmed Chowdhury, M.G. Rasul, and M.M.K. Khan. Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate. *Applied Energy*, 85(6):449 – 462, 2008. 11, 120
- [37] Seyedehzahra Mirrahimi, Mohd Farid Mohamed, Lim Chin Haw, Nik Lukman Nik Ibrahim, Wardah Fatimah Mohammad Yusoff, and Ardalan Aflaki. The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot-humid climate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53:1508 – 1519, 2016. 11
- [38] Bernd Marquardt. Historia de la sostenibilidad. un concepto medioambiental en la historia de europa central (1000-2006). *Historia Crítica*, 32:172–197, 2006. 15, 16
- [39] Gro Harlem Brundtland. Informe brundtland. Technical report, Agosto 1987. 16
- [40] Johanna Cáceres Teran. Desenvolupament sostenible. *Revista Tracte*, Número 66, 1996. ISSN 1132-7081. 16

BIBLIOGRAFÍA

- [41] Leonardo Boff. Sostenibilidad: Intento de definición. *Mercurio Digital*, 2012. 17
- [42] Julio García de Durango. Contribución de la ingeniería civil al desarrollo sostenible. presente y futuro. In *I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente*, 2002. 17
- [43] Aurelio Ramírez. Construcción sostenible. *Revista Física y Sociedad*, No. 13, 2002. 18
- [44] Conferencia Europea de Ciudades Sostenibles. Carta aalborg. 1994. 19
- [45] Appu Haapio and Pertti Viitaniemi. A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(7):469 – 482, 2008. 20
- [46] F. Javier Neila González. *Arquitectura Bioclimática en un Entorno Sostenible*. Editorial Munilla Lería, 2004. ISBN-84-89150-64-8. 30
- [47] República Dominicana Ministerio de Turismo, 2013. 30
- [48] República Dominicana Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe GEO: Capítulo 1, Contexto geográfico y socio económico. Technical report, MEPYD, RD, 2009. 31, 36, 37
- [49] CNE. Potencial de radiación solar en la república dominicana. Technical report, Comisión Nacional de Energía de la República Dominicana, 2013. 34
- [50] Gustavo Luis Moré. *Historia para la Construcción de la Arquitectura Dominicana, 1492 - 2008*. Colección Centenario Grupo León Jimenez, 2008. ISBN: 978-9945-422-18-4. 42
- [51] Esteban Prieto Vicioso. Arquitectura vernácula popular. In *Historias para la construcción de la arquitectura dominicana, 1492-2008*. Grupo León Jimenes, 2008. 43, 64

- [52] Gonzalo Fernández de Oviedo. *Historia General y Natural de las Indias, islas y tierra-firme del mar océano. (4 Tomos)*. Real Academia de la Historia, 1852. 44, 46
- [53] Eugenio Pérez Montás. Los espacios de europa en américa: Arquitectura y urbanismo:1492-1844. In *Historias para la construcción de la arquitectura dominicana, 1492-2008*. Grupo León Jimenes, 2008. 45, 46
- [54] Luise Margolies Graciano Gasparini. *Arquitectura Popular de Venezuela*. 1986. 46
- [55] Robert S. Gamble José Augusto Puig Ortiz. *La conservación de una ciudad inventario; Puerto Plata: Ensayo histórico- arquitectónico*. Editora Alfa & Omega, 1978. 48
- [56] Eugenio Pérez Montás. Los paradigmas de la nacionalidad: Arquitectura y desarrollo económico republicanos: 1844-1930. In *Historias para la construcción de la arquitectura dominicana, 1492-2008*. Grupo León Jimenes,, 2008. 49
- [57] Gustavo Luis Moré. Modernidad y contradicción en la arquitectura de la “era de trujillo”: 1930-1961. In *Historias para la construcción de la arquitectura dominicana, 1492-2008*. Grupo León Jimenes, 2008. 52
- [58] Gustavo Luis Moré. Los tiempos de la libertad: 1961-1978. In *Historias para la construcción de la arquitectura dominicana, 1492-2008*. Grupo León Jimenes, 2008. 53
- [59] Oficina Nacional de Estadística. Informe general del ix censo nacional de población y vivienda 2010. Technical report, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2012. 59, 111, 135, 164
- [60] División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Perspectivas de la población mundial: Revisión y prospectos de urbanización mundial 2008. Technical report, Secretaría de las Naciones Unidas, 2009. 60

BIBLIOGRAFÍA

- [61] Oficina Nacional de Estadística. Características demográficas básica en el ix censo nacional de población y vivienda 2010. Technical report, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2012. 60
- [62] Petronella W.K. Muraya. Failed top-down policies in housing: The cases of nairobi and santo domingo. *Cities*, 23(2):121 – 128, 2006. 62
- [63] Oficina Nacional de Estadística. Boletín mensual panorama estadístico. Technical report, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2009. 68
- [64] Alexander Ochs; Xing Fu-Bertaux; Mark Konold; Shakuntala Makhijani; Sam Shrank; Cristina Adkins. Estrategia para un sistema de energía sustentable. Technical report, Worldwatch Institute; Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica, 2011. 72, 73
- [65] Fundación Bariloche. Estudio prospectiva de la demanda de energía de república dominicana. Technical report, Comisión Nacional de Energía, CNE, 2008. 74
- [66] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de la República Dominicana, 2013. 77
- [67] Rodriguez Sandoval. Torre anacaona 27, 2014. 90
- [68] Empresa Generadora de Electricidad Haina. Parque eólico los cocos, 2013. 93, 96
- [69] Oficina Nacional de Estadística. Índice de costos directos de la construcción de viviendas (icdv). Technical report, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2016. 112
- [70] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de la República Dominicana. M009: Recomendaciones generales para la construcción de edificaciones. 112, 135, 164

- [71] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de la República Dominicana. M016: Recomendaciones provisionales para espacios mínimos en la vivienda urbana. 114
- [72] Li Yang, Bao-Jie He, and Miao Ye. Application research of ECOTECH in residential estate planning. *Energy and Buildings*, 72(0):195 – 202, 2014. 116
- [73] S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz, M.R. Yaiche, M.K. Cherier, M. Hamdani, and F. Chellali. Introduction to control of solar gain and internal temperatures by thermal insulation, proper orientation and eaves. *Energy and Buildings*, 43(9):2414 – 2421, 2011. 116, 132
- [74] Mohammad Taleghani, Martin Tenpierik, and Andy van den Dobbelsteen. Indoor thermal comfort in urban courtyard block dwellings in the netherlands. *Building and Environment*, 82:566 – 579, 2014. 116
- [75] Junjie Liu, Tengfei (Tim) Zhang, and Zhiqiang (John) Zhai. Considering building energy from environmental perspective. *Energy and Buildings*, 42(1):1 –, 2010. 118
- [76] Seyed Masoud Sajjadian, John Lewis, and Stephen Sharples. The potential of phase change materials to reduce domestic cooling energy loads for current and future uk climates. *Energy and Buildings*, 93(0):83 – 89, 2015. 120
- [77] Nicola Cardinale, Gianluca Rospi, and Pietro Stefanizzi. Energy and microclimatic performance of mediterranean vernacular buildings: The sassi district of matera and the trulli district of alberobello. *Building and Environment*, 59(0):590 – 598, 2013. 120
- [78] Vytautas Martinaitis, Edmundas Kazimieras Zavadskas, Violeta Motuziene, and Tatjana Vilutiene. Importance of occupancy information when simulating energy demand of energy efficient house: A case study. *Energy and Buildings*, 101:64 – 75, 2015. 120

BIBLIOGRAFÍA

- [79] Jesús M. Blanco, Aiert Buruaga, Eduardo Rojí, Jesús Cuadrado, and Belinda Pelaz. Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double skin facades through design builder; a case study in Spain. *Energy and Buildings*, 111:326 – 336, 2016. 120
- [80] Autodesk. Ecotect analysis, 2011. 121
- [81] ANSI/ASHRAE. Thermal environmental conditions for human occupancy - standard 55, 2013. 129
- [82] Víctor Armando Fuentes Freixanet. Estrategias de diseño bioclimático. In *Diseño y evaluación de edificios sustentables: memorias del seminario taller: ciclo, nuevas prácticas profesionales*, pages 141–166. Universidad Autónoma Metropolitana, 2013. 129
- [83] Arq. María Blender. El confort térmico, 2015. 129, 131
- [84] R. G. Steadman. The assessment of sultriness. part i: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of Applied Meteorology*, 18(7):861–873, 1979. 129
- [85] K.B. Velt and H.A.M. Daanen. Thermal sensation and thermal comfort in changing environments. *Journal of Building Engineering*, 10:42 – 46, 2017. 130
- [86] Dianshan Han, Rui Li, Fulin Wang, Zeyu Sun, Saejin Moon, Ziyang Gong, Wenhong Yu, and Yin Zhang. Study on indoor thermal environment control based on thermal sensation prediction. *Procedia Engineering*, 205:3072 – 3079, 2017. 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC2017, 19-22 October 2017, Jinan, China. 130
- [87] Asit Kumar Mishra and Maddali Ramgopal. Field studies on human thermal comfort an overview. *Building and Environment*, 64:94 – 106, 2013. 131, 133

- [88] Arthur Santos Silva, EneDir Ghisi, and Roberto Lamberts. Performance evaluation of long-term thermal comfort indices in building simulation according to ASHRAE standard 55. *Building and Environment*, 102:95 – 115, 2016. 131, 133
- [89] Pimolsiri Prajongsan and Steve Sharples. Enhancing natural ventilation, thermal comfort and energy savings in high-rise residential buildings in bangkok through the use of ventilation shafts. *Building and Environment*, 50:104 – 113, 2012. 133
- [90] Shady Attia and Salvatore Carlucci. Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate. *Energy and Buildings*, 102:117 – 128, 2015. 133
- [91] Gaudy Bravo and Eduardo González. Thermal comfort in naturally ventilated spaces and under indirect evaporative passive cooling conditions in hot humid climate. *Energy and Buildings*, 63:79 – 86, 2013. 133
- [92] C. Filippin and S. Flores Larsen. Summer thermal behaviour of compact single family housing in a temperate climate in argentina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5):3439 – 3455, 2012. 134
- [93] Giane Grigoletti, Miguel A. Sattler, and Alessandro Morello. Analysis of the thermal behaviour of a low cost, single-family, more sustainable house in porto alegre, brazil. *Energy and Buildings*, 40(10):1961 – 1971, 2008. 134
- [94] Joana Ortiz, Antoni Fonseca, Jaume Salom, Nuria Garrido, Pau Fonseca, and Verdiana Russo. Comfort and economic criteria for selecting passive measures for the energy refurbishment of residential buildings in catalonia. *Energy and Buildings*, 110:195 – 210, 2016. 134
- [95] Thomas Nganya, Bruno Ladevie, Alexis Kemajou, and Léopold Mba. Elaboration of a bioclimatic house in the humid tropical region: Case of the town of douala-cameroon. *Energy and Buildings*, 54(0):105 – 110, 2012. 134

BIBLIOGRAFÍA

- [96] Y Jannot and T Djiako. Economie dénergie et confort thermique dans l'habitat en zone tropicale. *International Journal of Refrigeration*, 17(3):166 – 173, 1994. 134
- [97] Arq. Maria Perez. ¿cómo elegir la mejor orientación de tu vivienda?, 2013. 136
- [98] Dr. Arq. Guillermo Yáñez Parareda. *Arquitectura Solar e Iluminación Natural: Conceptos, Métodos y Ejemplos*. Editorial Munilla Lería, 2008. ISBN-978-84-89150-81-2. 179, 183
- [99] Jae-Hun Jo, Jae-Han Lim, Seung-Yeong Song, Myoung-Souk Yeo, and Kwang-Woo Kim. Characteristics of pressure distribution and solution to the problems caused by stack effect in high-rise residential buildings. *Building and Environment*, 42(1):263 – 277, 2007. 187
- [100] Joonghoon Lee, Doosam Song, and Dongryul Park. A study on the development and application of the e/v shaft cooling system to reduce stack effect in high-rise buildings. *Building and Environment*, 45(2):311 – 319, 2010. 1st International Symposium on Sustainable Healthy Buildings. 188