

**ESTRATEGIAS PASIVAS PARA MEJORAR EL CONFORT Y
DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN HOTELES DE CLIMA
TEMPLADO HÚMEDO.**

**CASO DE ESTUDIO PROYECTO HOTELERO EN
PEREIRA, COLOMBIA.**

ARQ. SANDRA MILENA ALVARADO TORRES¹



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia**

MAESTRÍA DE DISEÑO SOSTENIBLE

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

BOGOTÁ

2021



¹ Arquitecta de la Universidad Santo Tomas de Aquino Tunja-Boyacá Colombia
Smalvarado94@ucatolica.edu.co - arqsandraalvarado92@gmail.com

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

NOTA DE ACEPTACIÓN

Asesor trabajo de investigación

ING. Andrés Mauricio García Trujillo.

Jurado evaluador 1:

Jorge Eduardo Acosta

Jurado evaluador 2:

Luis Carlos Herrera Sosa

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la [misma licencia](#) del original.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Contenido

Resumen	5
Abstract.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. PREGUNTA PROBLEMA	10
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.3. HIPÓTESIS	11
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.5. METODOLOGÍA.....	13
2. ESTADO DEL ARTE	14
2.1 Referentes de proyectos construidos	19
3. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL.....	23
4. MARCO NORMATIVO	29
5. RESULTADOS	33
6. CONCLUSIONES.....	105
7. REFERENCIAS	118

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Resumen

El sector hotelero representa una industria muy importante para la economía y el desarrollo mundial. Sin embargo, este sector se ha visto retrasado con relación a la tendencia mundial hacia la sostenibilidad. El consumo promedio de energía de un turista es 25% más alto que el de un residente, particularmente en los establecimientos de alojamiento (Política de Turismo Sostenible, 2012). Como consecuencia, este elevado consumo deja una huella importante en los ecosistemas locales y se relaciona directamente con el fenómeno de calentamiento global. Adicionalmente, las prácticas de diseño y construcción tradicionales en el sector, no siempre consideran las necesidades de confort de los huéspedes. De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este trabajo es identificar estrategias pasivas para mejorar el confort interior y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo en el caso de estudio: Proyecto Hotelero localizado en Pereira, Colombia. El proyecto no se encuentra construido, pero actualmente cuenta con diseños arquitectónicos convencionales, por lo cual se propone el replanteo de algunos espacios del diseño actual. Para ello, se desarrolló una metodología en la cual se lleva a cabo una exploración del lugar, recolección de información, procesos de simulación en Desing Builder y una evaluación final. Como resultado, se obtuvo una propuesta de diseño que involucra estrategias pasivas traducidas en mejoras sostenibles sobre las condiciones de confort y la reducción de energía que supera los estándares de ahorro establecidos por la resolución 0549 de 2015. Se concluye que, las estrategias que mejor se ajustan al diseño bioclimático del lugar son las de orientación, materiales, y diseño y sombreado.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Palabras clave

Ahorro energético, Confort, Clima templado húmedo, Estrategias pasivas, Hoteles.

Abstract

The hotel industry represents a very important segment for the global economy and development. However, this sector has lagged behind the global trend towards sustainability. The average energy consumption of a tourist is 25% higher than that of a resident, particularly in accommodation establishments. As a result, this high consumption of energy means an important effect in the local ecosystems and it is directly related to the phenomenon of global warming. In addition, traditional design and construction practices in the sector do not always consider the comfort needs of guests. In accordance with the above, the objective of this work is to identify passive strategies to improve interior comfort and reduce energy consumption in hotels with a temperate climate in the case study: Hotel Project located in Pereira, Colombia. The project currently has conventional architectural designs, so it is proposed to rethink some spaces of the current design. To do this, a methodology was developed in which an exploration of the site, information collection, simulation processes in Desing Builder and a final evaluation. As a result, a design proposal was obtained that involves passive strategies translated into sustainable improvements on comfort conditions and energy reduction that exceeds the savings standards established by resolution 0549 of 2015. It is concluded that the strategies that best fit the bioclimatic design of the place are those of orientation, materials, and design and shading.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Key words

Comfort, Energy efficiency, Passive strategies, Hotels.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

1. INTRODUCCIÓN

El sector hotelero representa una industria muy importante para la economía mundial, el desarrollo de los países y el bienestar de la sociedad. Al mismo tiempo, genera grandes impactos sobre el entorno, el medio ambiente y el uso de recursos naturales, que pueden representar conflictos con las comunidades y afectaciones reputacionales. Esto se debe a que una importante parte de la industria hotelera ha optado por dar prioridad a la calidad del servicio y atención al huésped, ocasionando un descontrolado consumo hídrico y energético, y favoreciendo el crecimiento de la huella de carbono sobre el ambiente (Mon et al., 2006). Un caso representativo se relaciona con los sistemas de enfriamiento en las habitaciones y espacios comunes, que emiten a la atmosfera gases de efecto invernadero, requieren grandes volúmenes de agua y a su vez, producen aguas residuales potencialmente contaminantes.

De este modo, se calcula que el consumo promedio de energía de un turista es 25% más alto que el de un residente (Política de Turismo Sostenible, 2012), particularmente en los establecimientos de alojamiento, especialmente en los hoteles de lujo, que cuentan con habitaciones de mayor tamaño, ofrecen servicios de lavandería y registran un mayor uso del aire acondicionado y/o de calefacción, donde se registra un altísimo consumo energético por metro cuadrado (entre 170MJ y 320MJ). Como resultado, los hoteles ocupan el quinto lugar en consumo energético dentro del sector de edificios comerciales y de servicios, y son el segundo subsector del turismo más intensivo en energía, después del de transporte (Política de Turismo Sostenible, 2012).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Para el caso particular del departamento de Risaralda en Colombia, la mayoría de los propietarios de hoteles, reconoce la importancia de la conservación del medio ambiente para la actividad turística, sin embargo, desconocen los impactos generados por su actividad (Castaño, S. L., & Suárez, 2013).

De acuerdo a lo anterior, el propósito del presente trabajo de investigación es mejorar el confort interior y disminuir el consumo energético en el caso de estudio, ubicado en la ciudad de Pereira, Colombia. Esto con el fin de incentivar el desarrollo sostenible en clima templado a través de la aplicación de estrategias pasivas que respondan a las necesidades climáticas del lugar. A su vez, se contribuye con la reducción de la huella de carbono relacionada con la problemática de contaminación y proporcionando un atractivo comercial adicional al ofrecer un servicio ambientalmente sostenible.

Adicionalmente, se quiere demostrar a las constructoras convencionales, que se han manifestado tradicionalmente resistentes al cambio en nuevas filosofías de diseño, los beneficios de un hotel diseñado de forma sostenible que involucra estrategias eco amigables. El desarrollo de este hotel representa innovación estética y funcional, productividad económica, protección ambiental, atractivo comercial y desarrollo humano.

Teniendo en cuenta que el proyecto cuenta con un diseño arquitectónico convencional, el presente trabajo propone un replanteo del diseño actual a partir de la implementación de estrategias pasivas en el mismo. En este sentido, la metodología diseñada se presenta en cuatro etapas principales: análisis preliminar, propuesta, aplicación de la propuesta y evaluación final. Estas últimas dos, comprenden diferentes procesos de simulación con la ayuda del software *Desing*

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

*Builder*² (Design Builder Software Ltd., n.d.), en donde se compara el modelo actual y el nuevo prototipo. A continuación, la estructura del documento se presenta de la siguiente manera: Se plantea la pregunta de investigación, los objetivos del proyecto, la hipótesis y la justificación del problema. Seguido a ello, se explican las etapas correspondientes a la metodología, luego se desarrolla el estado del arte, el marco teórico y el marco normativo correspondiente. Finalmente se presentan los resultados obtenidos del planteamiento y las conclusiones derivadas del mismo.

1.1.PREGUNTA PROBLEMA

La pregunta que guía la presente investigación es la siguiente:

¿Qué estrategias pasivas se pueden aplicar en el proyecto seleccionado como caso de estudio para lograr mayor confort reduciendo el consumo energético?

1.2.OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar estrategias pasivas para mejorar el confort interior y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado y húmedo. Caso de estudio: Proyecto Hotelero ubicado en Pereira, Colombia.

Objetivos específicos

- Evaluar la sensación térmica y lumínica que se genera en cada uno de los espacios seleccionados del proyecto, utilizando estrategias proyectuales convencionales.

² Software especializado en la simulación ambiental y energética de edificios. Permiten evaluar aspectos como los niveles de confort, los consumos de energía y las emisiones de carbono.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

- Definir parámetros de diseño y materialidad capaces de favorecer el desarrollo sostenible en la industria hotelera para climas templados y húmedos.
- Proponer estrategias para reducir el uso de aire acondicionado e iluminación artificial en el día, con el fin de reducir el consumo energético, manteniendo condiciones de confort térmico y lumínico.

1.3.HIPÓTESIS

La implementación de estrategias pasivas logra mejorar el confort térmico y lumínico, generando ahorro en el consumo de energía y disminuyendo la huella de carbono. De igual manera, las prácticas sostenibles proporcionan beneficios e innovación. Para validar lo planteado, se utiliza como caso de estudio un Proyecto Hotelero localizado en la ciudad de Pereira, Colombia.

1.4.JUSTIFICACIÓN

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible³, puntualmente los orientados a la eficiencia energética y el clima como lo son el objetivo 7 (Energía asequible y no contaminante) y los objetivos 11, 12 y 13 (Ciudades y comunidades sostenibles, Producción y consumo responsables y Acción por el clima respectivamente), resulta necesario tomar medidas para minimizar el daño ambiental generado por los altos consumos energéticos en el sector hotelero, producto de la constante búsqueda por el confort térmico y lumínico de sus visitantes.

³ Conjunto de objetivos globales impulsados por las Naciones Unidas para dar continuidad a la agenda de desarrollo tras los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Tienen como propósito erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años. Fueron planteados el 25 de septiembre de 2015 por los líderes mundiales en la Cumbre de Nueva York.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

En su mayoría, los hoteles convencionales en regiones tropicales emplean más del 60 % de la energía eléctrica en satisfacer las demandas de climatización mediante el uso de sistemas activos (A. M. González et al., 2017). En adición a esto, la electricidad representa aproximadamente el 40% de la energía total consumida en un hotel, de la cual, el 45% estaría destinada a la iluminación (Gascueña, 2020). Para contrarrestar la situación, el presente trabajo propende comprobar mediante un estudio de caso del diseño de un hotel convencional que, al implementar estrategias pasivas, además de mejorar el confort interior, se reduce el consumo energético y de la misma manera se disminuye la huella de carbono mejorando la situación actual e incentivando el desarrollo de la construcción sostenible.

Los motivos para alojarse en un hotel pueden variar, pero las expectativas de la estancia en este lugar incluyen el bienestar y el confort ambiental, lo cual depende en gran parte de su adecuada climatización e iluminación. Por otra parte, además de los beneficios que un hotel sostenible proporciona al medio ambiente y bienestar de las personas, también impacta de manera positiva a los clientes y la empresa hotelera. La investigación *The greening of travel: embracing the responsibility* de la consultora especializada en el sector turístico SKIIFT, expone que en 2019 el 53% de los viajeros estaban dispuestos a pagar más por productos que demuestren responsabilidad medioambiental, cifra que representa un 13% más que en el periodo anterior (BBVA, 2020).

Desde esta perspectiva, la innovación tecnológica y el mercadeo de lo *verde* han hecho de estos establecimientos la nueva tendencia en alojamiento para visitantes y turistas. De modo que, el sector hotelero presenta un gran potencial de ahorro y eficiencia energética, así como las energías

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

renovables suponen una gran oportunidad para la optimización energética de los establecimientos hoteleros y representa un factor de competitividad para las empresas del sector.

1.5.METODOLOGÍA

La metodología propuesta para el desarrollo del presente trabajo, se basa en la herramienta de análisis y evaluación planteada por Givoni⁴ (1981) y Szokolay⁵ (1984), la cual consiste en cuatro etapas principales: Estudios preliminares, Anteproyecto, Proyecto y Evaluación final. Estas etapas se adaptaron al caso de estudio de la siguiente manera:

Etapa 1: Análisis preliminar

Como primera instancia, se realiza una visita al lugar de estudio en donde se toma un registro fotográfico del contexto del lote a intervenir, analizando características tales como su orientación, dirección de vientos, vías de acceso, equipamientos cercanos y entorno natural que lo rodea. Posteriormente, se recolecta información complementaria utilizando diferentes softwares como: *Ecotect* y *Weather tool*. Herramientas que proporcionan datos específicos de las características climatológicas del lugar. Adicionalmente, se recogen datos sobre hoteles sostenibles en plataformas turísticas de Pereira para analizar la sensación que estos producen y el ahorro en energía y agua. Datos que se pueden verificar con las empresas de servicio públicos: *Eléctricas Pereira, Aguas y Aguas Pereira y Carder*.

⁴ Fue un arquitecto israelí y uno de los especialistas en arquitectura bioclimática más reconocidos del mundo. Su campo de trabajo abarcó energía y edificios, atmósfera y clima urbano, y energía solar.

⁵ Arquitecto y ejecutivo energético húngaro. Recibió el premio de Arquitectura Pasiva y de Baja Energía. Miembro de la Asociación de Ciencias de la Arquitectura de Australia y Nueva Zelanda.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Etapa 2: Diagnóstico y propuesta

En esta etapa, se analiza el estado actual del proyecto bajo parámetros de orientación, sombreado y temperatura, tomando como punto de partida los planos existentes del mismo en donde se evidencian problemáticas de temperatura, luminosidad y ventilación. Para ello se utilizaron herramientas como Weather Tool y Design Builder. A su vez, se seleccionaron las estrategias que se van a aplicar en el proyecto.

Etapa 3: Aplicación de la propuesta

Posteriormente, se desarrolla el modelo inicial en un software de modelado de información de construcción como lo es *Revit*⁶. Una vez desarrollado el modelo, se simula en el software *Design Builder* aplicando cada una de las estrategias pasivas y se compara con el estado actual en busca de mejorar las problemáticas encontradas.

Etapa 4: Evaluación final

Se evalúan los resultados obtenidos en las simulaciones al aplicar todas las estrategias con respecto a las temperaturas operativas del proyecto y a las condiciones de confort previstas para el mismo.

2. ESTADO DEL ARTE

Teniendo en cuenta, que el sector hotelero es uno de los sectores dentro de la industria de la

⁶ Es un software de modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Arquitectura y la Construcción que mayor impacto negativo generan en el medio ambiente, principalmente desde el punto de vista energético, ha sido necesario tomar medidas hacia la implementación de estrategias de diseño que sean sostenibles en el tiempo y disminuyan este impacto ambiental. Como consecuencia, algunos autores en América Latina como los presentados en la siguiente tabla, han realizado diferentes propuestas para la aplicación de la sostenibilidad en este sector.

<i>Autor(es)</i>	<i>Lugar</i>	<i>Propuestas de estrategias sostenibles</i>	<i>Resultados esperados</i>
<i>Tipo de clima</i>		<i>Proyectos de hoteles</i>	
Rodríguez Rodríguez, E. E. (2006)	Cantón de Pococí (Costa Rica) <i>Cálido y húmedo</i>	Estudio de caso 1. Cambio de la materialidad existente: madera para la envolvente y Cedazo para ventanas que garanticen la ventilación constante. 2. Pasar de muros sencillos a muros dobles. 3. Elevar 1 metro libre del suelo, la placa de las cabañas para enfriamiento interior. 4. Generar doble techo para aislamiento térmico. 5. Incluir Biodigestores.	Confort térmico y acústico. Ahorro energético. Incremento en costos. Recuperación de la inversión a 8 años.
Goñi, L. F. (2014)	Playa Rosada (Ecuador) <i>Cálido y seco</i>	Proyecto arquitectónico 1. Implantación: Orientación de la fachada más larga en dirección norte- sur.	Aprovechamiento de la iluminación natural y parte de la ventilación natural. Riesgo de sobrecalentamiento por radiación solar.
Romero Olavarría, E. B. M. (2015)	Playa Hermosa-Tumbes (Perú) <i>Cálido Húmedo</i>	Proyecto arquitectónico 1. Orientación de acuerdo a los vientos. 2. Vegetación para refrigeración. 3. Patios para enfriamiento radioactivo y convectivo durante la noche.	Aprovechamiento de la ventilación natural.
Bustios Benites, A., & Espezua Bejar, H. (2017)	Hotel de Campo en Cieneguilla. (Perú) <i>Cálido a Fresco</i>	Proyecto arquitectónico 1. Orientación y ubicación de ventanas que permitan controlar el ingreso de la radiación solar.	Confort térmico y lumínico, ahorro energético.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Acosta Riveros, V., Carolina Bello, N., & Torres, G. M. (2018)	Cuitiva (Colombia) <i>Frío a fresco</i>	Proyecto arquitectónico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cortinas rompe vientos con árboles y arbustos que forman una barrera, opuesta a la dirección predominante del viento. 2. Uso de materiales locales como pino para aislamiento térmico. 3. Orientación de acuerdo al sol. 4. Sistema <i>StoTherm Classic</i> para aislamiento térmico. 	Conservación y preservación de los recursos que ofrece el lugar fomentando el menor consumo energético.
González Tenorio, D. C. (2018)	Cuitiva (Colombia) <i>Frío a fresco</i>	Proyecto arquitectónico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muros Trombe. 2. Cubiertas y muros verdes. 3. Tamaño y ubicación de vanos de acuerdo al sol. 	Reducción del consumo energético desde el punto de vista lumínico.
Potes Ramírez, M. A. (2019)	Ricaurte (Colombia) <i>Cálido húmedo</i>	Proyecto arquitectónico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Orientación norte - sur para aprovechamiento de vientos. Ventilación cruzada. 2. Materiales como ladrillos de cañamo o biocemento. 3. Pérgolas para ambientes exteriores. 4. Aleros, voladizos en fachadas para refrescar el aire. 	Reducción del consumo energético. Conexión usuario - naturaleza.
Rojas, A., & Espino, L. (2019)	Canoas de Punta Sal (Perú) <i>Cálido húmedo</i>	Proyecto arquitectónico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Techos pronunciados en todas las zonas para evitar la radiación solar directa y difusa. 2. Orientación. Ventilación cruzada y efecto chimenea. 3. Uso de Bambú. 4. Celosías calculadas de acuerdo el ángulo solar. 5. Luminarias externas con paneles solares. 	Reducción del consumo energético. Buscar garantizar confort térmico de acuerdo a temperaturas máximas y mínimas. Inversión inicial recuperada en 5 años.
Bautista Forero, A. T. (2020)	Leticia (Colombia) <i>Cálido húmedo</i>	Proyecto arquitectónico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Salida de aire interior caliente por cubierta. 2. Aleros para evitar radiación solar. 3. Paneles solares para iluminación 	Reducción del consumo energético.
Restaure, M., & Angel, M. (2020)	Playa Hermosa-Tumbes (Perú) <i>Cálido Húmedo</i>	Estudio de caso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Orientación. 2. Uso de materiales térmicos como fibras de vidrio, corchos, bambú y pinturas térmicas. 3. Filtros de aire a partir plantas y jardines para refrescar. 4. Ventilación cruzada. 5. Uso de sistema de generación fotovoltaico a partir de la identificación de necesidades energéticas. 	Lineamientos para lograr la eficiencia energética en un hotel en Playa Hermosa-Tumbes.

Tabla 1. Estado del arte Latinoamérica. Elaboración propia, 2021. CC BY-NC-NA.

De acuerdo a lo expuesto, son pocos los estudios de caso realizados en América Latina para

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

mejorar hoteles convencionales en relación a la sostenibilidad. Sin embargo, se viene generando desde la academia un mayor número de propuestas de diseño arquitectónico para ser aplicados en Eco- hoteles en vista del gran crecimiento que ha tenido este sector turístico.

Algunos autores, (Goñi, 2014; González Tenorio, 2018) proponen una serie de estrategias de diseño sostenible sin contemplar adecuadamente las condiciones específicas, como el clima del lugar de intervención. Esto puede comprometer el resultado en términos de sostenibilidad ya que el diseño debe partir del reconocimiento de la ubicación y entorno del hotel como variable para el manejo de la bioclimática.

Otros autores como Bautista Forero (2020), Goñi (2014), Potes Ramírez (2019), Restaura, M., & Angel (2020), Romero Olavarría (2015), por su parte, consideran la reducción del consumo energético sin pensar en los escenarios ideales de confort para sus huéspedes. Así mismo, los proyectos de pregrado estudiados, en general, no examinan sus propuestas mediante procesos de simulación con datos reales, que permitan determinar la viabilidad de la misma llevada a un contexto real.

En este sentido, diversos estudios citados (Restaura, M., & Angel, 2020; Rodríguez Rodríguez, 2006; Rojas, A., & Espino, 2019), confirman que estrategias pasivas de ventilación e iluminación tales como enfriamiento evaporativo, enfriamiento radiativo y convectivo durante la noche, vegetación para refrigeración, entre otros, logran mejorar el confort en los ambientes de un hotel en climas cálidos. Así también, proponen la orientación del edificio como principal responsable de las medidas pasivas de ventilación.

De esta forma, los países donde más planteamientos de este tipo se han realizado son Colombia

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

y Perú. En el caso de Perú, la propuesta de proyecto arquitectónico para trabajo de grado *Hotel de Campo en Cieneguilla*. (Bustios Benites, A., & Espezua Bejar, 2017), plantea un hotel a partir de arquitectura solar con el apoyo del Software *Autodesk Ecotect*⁷ para una ciudad con circunstancias climáticas aproximadas a las de Pereira.

Por otro lado, en escenarios climáticos diferentes o con estaciones como es el caso de España, se planteó un estudio de caso en dos Hoteles de las Islas Canarias (Perez, F. J. D., Chinarro, D., Otín, M. R. P., Martín, R. D., & Guardiola, 2018), que busca mejorar su eficiencia energética a través de la implementación de tecnologías limpias como la Aerotermia⁸. El resultado además del ahorro energético y óptimas condiciones de confort para sus visitantes, muestra un retorno de la inversión después de dos años y medio de su aplicación.

Desde esta perspectiva y teniendo en cuenta que en Colombia se presenta una gran variedad climática, resulta importante estudiar y determinar qué tipo de estrategias pasivas se ajustan mejor a las condiciones de ciudades con características particulares, como es el caso de Pereira, cuyo clima es *Templado*⁹ según el Mapa de Clasificación del Clima en Colombia (Ministerio de Vivienda et al., 2015). Adicionalmente, se debe estudiar que estas estrategias sean viables para su aplicabilidad en el sector hotelero para que además de un ahorro energético, permitan óptimas condiciones de confort para sus visitantes.

⁷ Es una herramienta de análisis medioambiental que permite simular el rendimiento del edificio desde las primeras etapas del diseño conceptual.

⁸ Los sistemas aerotermia son bombas de calor de última generación diseñadas para aportar refrigeración en verano, calefacción en invierno y agua caliente todo el año.

⁹ El clima templado es aquel en el cual el mes más frío tiene una temperatura menor de 18°C y superior a -3°C y la del mes más cálido es superior a los 10°C. Así mismo tiene subtipos: con precipitaciones constantes durante el año o con inviernos y veranos secos.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

2.1 Referentes de proyectos construidos

En atención a lo anterior, se revisó una serie de proyectos construidos a manera de referentes en el sector hotelero a nivel tanto nacional como internacional, que cuentan con características sostenibles en su diseño y construcción. A nivel internacional, se observó el *Hotel GF Vitoria* ubicado en España y el *Jicaro Island Ecolodge* en el contexto latinoamericano ubicado en Nicaragua. En el ámbito local, se estudiaron: el *Hotel NUA* en Medellín y el *Hotel Santo Bambú* situado en Pereira, ciudad donde está planteado el estudio de caso propuesto.

Referentes internacionales

Hotel GF Victoria: Fue diseñado por el Estudio de arquitectos Javier Álvarez y Silvia Miguel y se encuentra ubicado en islas Canarias- España (Figura 1). Obtiene la Calificación Energética TIPO A, el certificado de edificación que presenta el rango máximo de eficiencia energética (GF Hoteles Victoria, 2020). Dentro de sus prácticas sostenibles se encuentran:

- Reducción del consumo de energía del 90 % a través de energía solar y energía eólica la cual produce reducción de emisiones de CO₂.
- Ahorro económico.
- Mayor confort en las instalaciones.
- Reducción del consumo agua.
- Materiales amigables.
- Calderas de biomasa.
- Iluminación led.
- Orientación para aprovechamiento del clima.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

- Cubierta inclinada de jardineras que ahorra el 20 % calefacción y 70 % de aire acondicionado.



Figura 1. Hotel GF Vitoria, Ambiental. 2020. GF Hoteles. CC BY-NC-NA.

Jicaro Island Ecolodge: Su diseño estuvo a cargo del arquitecto Matthew Falkine y se encuentra situado en Las Isletas del Gran Lago de Granada en Nicaragua. Este hotel alcanzó la certificación de *National Geographic*¹⁰ para ser incluido entre la lista *Unique Lodges of the world*¹¹ (figura 2). Los proyectos incluidos en esta lista se caracterizan por ofrecer experiencias únicas a sus visitantes y prácticas comprobadas de turismo sostenible (Crea Comunicaciones, 2017). Para el caso del proyecto Jicaro Island Ecolodge, las prácticas observadas son:

- El agua se calienta con paneles solares para los clientes y la cocina.
- No hay aire acondicionado instalado en la isla. Los ventiladores de techo crean suficiente ventilación para garantizar el confort.
- Las aguas residuales son tratadas en la isla con una planta de tratamiento que cumple no sólo con el reglamento de Nicaragua, sino que con las normas internacionales.

¹⁰ Sus intereses incluyen geografía, arqueología, ciencias naturales, estudio de las culturas del mundo, historia y promoción de la conservación del medio ambiente y del patrimonio histórico. Con este objetivo, concede becas de exploración.

¹¹ Asociación de hoteles localizados en diferentes países, los cuales se destacan por su rigurosidad en la defensa de la sostenibilidad y autenticidad.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

- El personal es local.
- Uso de jabones orgánicos y biodegradables, detergentes y productos de spa.
- Los sistemas de agua en la piscina no contienen cloro.
- Eficiencia energética de iluminación e iluminación en toda la isla.
- Sistema eléctrico subterráneo que no interfiere con la vida silvestre.

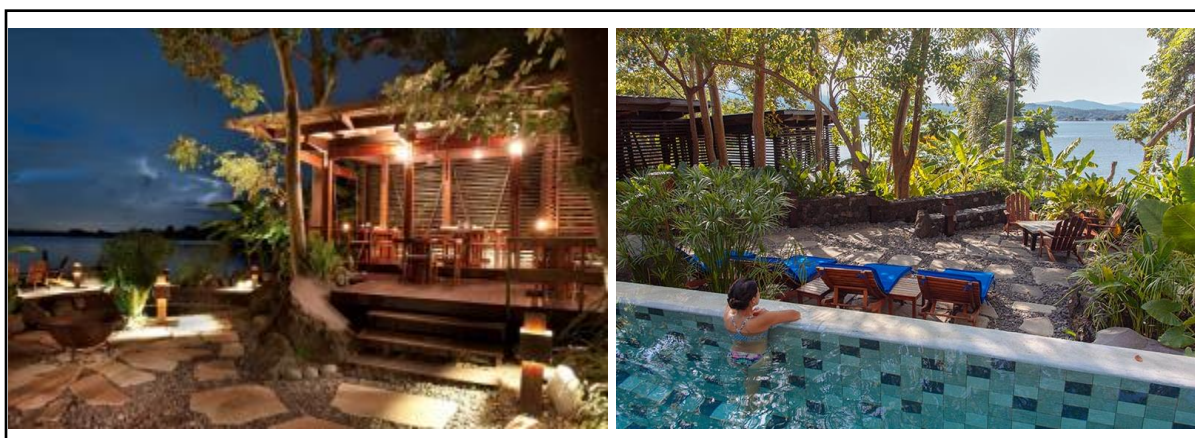


Figura 2. Hotel Jicaro Island Ecolodge. 2017. Crea Comunicaciones. CC BY-NC-NA.

Referentes nacionales

Hotel NUA Medellín: Ubicado en barrio el Poblado de Medellín, y diseñado por Conexo Inmobiliario, Alemol y Grupo Attia (figura 3), Casa NUA es una comunidad de vida asistida de 74 habitaciones para personas mayores (EDGE, n.d.). Sus acciones sostenibles son las siguientes:

- Energía: Relación de ventana a pared reducida, vidrio de mayor rendimiento térmico, un sistema de enfriamiento de volumen de refrigerante variable (VRV), iluminación de ahorro de energía en espacios internos y traseros y colectores solares de agua caliente.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

- Agua: Armarios de agua de doble descarga en las habitaciones y todos los demás baños, urinarios con bajo consumo de agua en todos los demás baños, duchas y grifos de bajo flujo en las habitaciones, aireadores y grifos con cierre automático en todos los demás baños, y paisajismo eficiente en agua.
- Materiales: Losa de hormigón armado in situ para el suelo y el techo y tejas de micro hormigón sobre vigas de acero para el techo.



Figura 3. Hotel NUA Medellín, EDGE, 2020. EDGE. CC BY-NC-NA.

Hotel Santo Bambú: Ubicado, en el KM 2 Vía Condina Salida Pereira – Armenia, es un hotel campestre rodeado de naturaleza el cual cuenta con senderos para caminatas ecológicas y la única pista de ciclo montañismo dentro de un hotel en Colombia, diseñada para competencia de todos los niveles. En donde se observa buen manejo de estrategias bioclimáticas y sostenibles como: materiales ecológicos de la región iluminación y ventilación natural de acuerdo con la forma aerodinámica de la edificación, huertas vegetales para el restaurante, recolección de aguas lluvias a través de las cubiertas inclinadas y reutilización en el riego de jardines, huertas y usos sanitario.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

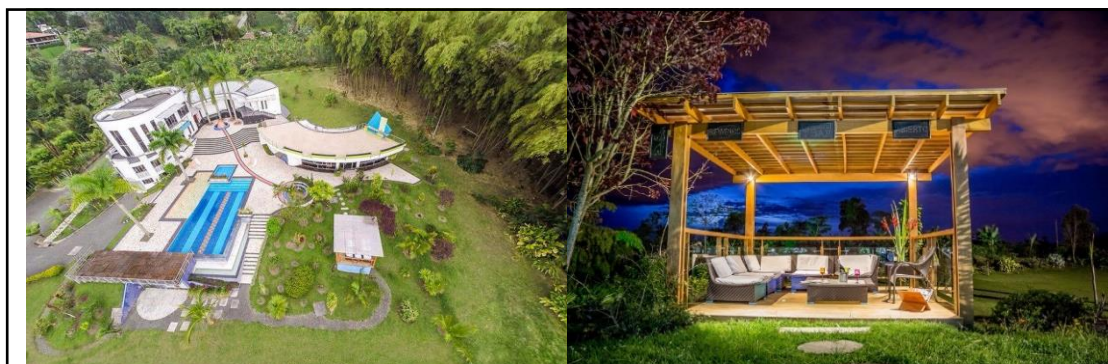


Figura 4. Hotel Santo Bambú, Hotel Santo Bambú, 2018. Rutas del paisaje cultural cafetero. CC BY-NC-NA.

3. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

Impacto ambiental del sector hotelero

Hasta el año 2019 la Organización Mundial del Turismo registra un continuo aumento en la cantidad de desplazamientos turísticos y un fortalecimiento general del sector. En 2019, el turismo representó el 10,3% del PIB mundial, contribuyó con 8,9 billones de dólares a la economía y generó 330 millones de puestos de trabajo (uno de cada 10 empleos en todo el mundo), según la investigación realizada por el Consejo Mundial de Viajes y Turismo (UNWTO World Tourism Organization, 2020), en ese mismo año se registraron 1.500 millones de turistas internacionales en el mundo, lo que representó un incremento del 4% con respecto al año anterior.

Por otro lado, se estima que las actividades turísticas son responsables de aproximadamente el 5% de las emisiones de CO₂. Según la Organización Mundial del Turismo, la huella de carbono de los establecimientos hoteleros supone el 20% del total mundial especialmente relacionado con calefacción, aire acondicionado, refrigeración de bares, restaurantes y climatización de piscinas.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

En cuanto a los medios de transporte de turistas, es el que genera el mayor porcentaje de emisiones del sector con un 75% sobre el total (OSTELEA Tourism Management School, 2020).

Confort térmico

En la actualidad, los clientes hoteleros nacionales e internacionales tienen una mayor sensibilidad hacia el confort térmico, demandando, un ambiente de aireación y temperatura similar al que ya disfrutaban en sus hogares o lugares de trabajo, fruto sin duda de las políticas de reducción de consumo energético que se vienen imponiendo en la mayoría de países, como es el caso de la Unión Europea, que ha fijado metas ambiciosas ambientalmente en sus objetivos 2020 y las nuevas normativas a nivel nacional en Colombia, en donde se viene legislando al respecto (Interempresas, 2016). Adicionalmente, se debe considerar que la obtención de este confort térmico, actualmente, implica un costo medio estimado en energía que representa un 9-10% de los costes operacionales totales del hotel según Interempresas (2016) .

En los diseños convencionales, las mayores pérdidas en calor y/o refrigeración se producen por las fachadas, los huecos en ventanas, y deficiente solución de los puentes térmicos. Estas pérdidas de energía, que, en definitiva, son pérdidas constantes de dinero, pueden tener una solución definitiva con la aplicación de un sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE. Este sistema consiste en adherir placas de aislamiento en la hoja exterior de la fachada para posteriormente, y tras un proceso de armado con un mortero especial, aportar muy diversos acabados estéticos que satisfacen las necesidades técnicas y decorativas de cualquier establecimiento hotelero. Así mismo, es un sistema continuo que minimiza la aparición de puentes térmicos donde se crean humedades y condensación, evitando los costes asociados a sus

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

reparaciones. Es pues, una solución constructiva cuya inversión tiene un retorno a través del ahorro energético que se obtiene y de las diversas subvenciones de carácter nacional y autonómico existentes (Interempresas, 2016).

Como ventajas técnicas del SATE podemos destacar:

- Elimina los puentes térmicos.
- Aumenta la inercia térmica.
- Impermeabiliza al agua de lluvia.
- Permeable al vapor de agua, evita condensaciones.
- Optimiza la superficie útil del edificio.
- Ofrece grandes posibilidades de diseño, amplia gama de texturas y colores.
- Permite la rehabilitación de la fachada sin desalojar el edificio.

Por otro lado, cabe resaltar que el confort térmico también depende en gran medida de la ventilación al interior de un espacio. En este caso, la ventilación es el proceso de renovación de aire de un espacio interior, es decir, su propósito es proporcionar aire limpio exterior hacía el interior de un edificio o una habitación. De forma que, en el contexto actual de COVID-19, el aporte de aire exterior se vuelve fundamental para sanear el aire que se respira en un lugar y de esta manera diluir los contaminantes que se originan en el mismo (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo INSST, 2021). La ventilación mecánica puede controlar estas entradas y las salidas de aire, sin embargo, desde el punto de vista sostenible implica un gasto tanto energético como económico mayor al uso de la ventilación natural.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Sostenibilidad en el sector hotelero

Como primera instancia, Garrido¹² propone una serie de indicadores que se vuelven fundamentales para hablar de sostenibilidad hotelera, estos indicadores se disponen de la siguiente manera:

1. Optimización de los recursos y materiales
2. Disminución del consumo energético
3. Disminución de residuos y emisiones
4. Disminución del mantenimiento, explotación y uso de los edificios.
5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios (Domínguez, 2010).

Dicho lo anterior, Cedeño González y Rivas García (2010), plantean que además de los factores antes mencionados, se hace necesaria la realización de una auditoria energética para conocer y medir las condiciones ambientales del hotel y de este modo establecer el plan de ahorro energético. Esta medida implica realizar una recolección, análisis y clasificación de información del lugar, para la búsqueda de oportunidades y toma de decisiones.

Propuestas realizadas como la de Hernández Sánchez (2018), demuestran que, se puede lograr este ahorro energético mediante soluciones pasivas aplicadas al diseño arquitectónico en relación a la dimensión y ubicación de los espacios en climas cálidos y secos, que a su vez garanticen condiciones favorables de confort térmico para los visitantes, resaltando la importancia de la protección solar o reubicación de los espacios internos dependiendo de la frecuencia de su uso.

¹² Luis de Garrido. Doctor Arquitecto, Doctor Informático, Máster en Urbanismo. Profesor invitado en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA .Presidente de la Asociación Nacional para la Arquitectura Sostenible (ANAS). Director del Máster en Arquitectura Sostenible (M.A.S.), España.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Así mismo, Cuesta Ríos (2018), afirma que las estrategias pasivas pueden funcionar de forma independiente sin depender una de la otra, sin embargo, la implementación de las estrategias de un modo independiente no permite garantizar un confort térmico constante. Otros autores (Rivera Martínez, 2013) mencionan que más que estrategias pasivas, la envolvente térmica y la demanda del edificio son el principal eje de actuación, razón por la cual los esfuerzos deben ir encaminados a mejorar la envolvente del edificio.

De este modo, una de las principales herramientas para la búsqueda de la sostenibilidad es la implementación de tecnología para la obtención de energía a partir de los recursos naturales del entorno. De esta forma se reduce el consumo de electricidad y, por ende, se reduce el costo operativo y la huella de carbono del establecimiento. Para ello, Everardo Rodríguez (2006) menciona cuatro parámetros a tener en cuenta en estos casos: la relación costo-beneficio, el período de recuperación, el valor actual neto y la tasa interna de retorno. También plantea que el diseñador es responsable de optimizar cada uno de los sistemas que se seleccionen para el proyecto.

Esto significa que las inversiones de capital necesarias para la instalación de estas tecnologías serían fácilmente amortiguadas por el ahorro a mediano y largo plazo, haciéndolo más rentable para la empresa (Domínguez, 2010). Lo anterior, teniendo en cuenta que gran parte de los recursos económicos del sector hotelero, están destinados al área de personal y de energía (F. C. González & García, 2008).

Actualmente, también se está desarrollando desde el área tecnológica en este sector, la automatización de toda la edificación y así ahorrar en servicios y mejorar el confort de los huéspedes. En este tema, Mareike Rossmann, directora de Alojamiento en *IgnitionOne/Lindner*

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Hotels, sostuvo que es necesario empezar a pensarlo desde todo el ciclo del viaje, antes, durante y después, para saber cuál es el mejor momento y el canal más adecuado para interactuar con el cliente y poder predecir su comportamiento, saber sus intereses y responder adecuadamente a su necesidad. Esto lleva a querer controlar todos los elementos de la habitación a través de los dispositivos disponibles, lo que también puede suponer una mayor eficacia de costos (Dachary, 2017).

La pandemia COVID-19 en el sector hotelero

Con la llegada de la pandemia COVID-19, durante el año 2020 se detuvo la actividad de diferentes sectores económicos a nivel mundial. Entre ellos, uno de los más perjudicados fue el sector hotelero con una caída del 80% aproximadamente (Hinostrza Flores & Chumpitazi Dulanto, 2021; Sánchez Guerrero & Núñez Alarcón, 2021), es decir, que se detuvo la tendencia creciente de la actividad turística con una reducción histórica. De forma similar a los cambios estructurales que se están produciendo a nivel social y que afectan, entre otros aspectos, la forma de trabajar, consumir y viajar, se suma la tendencia creciente hacia la sostenibilidad anterior a la situación provocada por la pandemia mundial, que anunciaba un momento de transición fundamental en estos sectores. En consecuencia, una vez se supere esta gran crisis mundial, se espera una recuperación del sector y una transformación que se sintonice con las nuevas expectativas, necesidades y requisitos de la población.

De acuerdo a lo mencionado, resulta indispensable no solo responder a óptimas condiciones de confort para los ocupantes, si no atender desde este tipo de establecimientos a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para prevenir en la medida de lo posible la propagación

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

del virus en la población. En este caso, medidas como el distanciamiento social y mantener una buena ventilación en todos los espacios (Organización Mundial de la Salud, 2020), son viables mediante el uso de estrategias pasivas y son un potencial preventivo para contrarrestar los efectos de la situación actual.

4. MARCO NORMATIVO

El marco normativo colombiano para la sostenibilidad en la industria hotelera comprende una serie de leyes, y políticas expuestas a continuación, que se identificaron como punto de partida para abordar e implementar diferentes aspectos y generalidades para el desarrollo sostenible en este sector. Adicionalmente cuenta con la *Norma Técnica Colombiana* (2011), la *Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones* (2015) y el *Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas en Edificaciones* (Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas En Edificaciones RITE, 2017), donde se exponen determinados parámetros de aplicación para lograr la eficiencia energética en diferentes tipos de edificación. Sin embargo, a pesar que estas últimas no son de obligatorio cumplimiento en el ámbito local, se reconocen como base para proponer en la aplicación de estrategias pasivas en el caso de estudio. Por otro lado, también se toman como referencia algunas normativas y estándares internacionales relacionados específicamente al confort térmico, las estrategias pasivas y el manejo de la ventilación en países con estaciones.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Normativa Nacional

Ley 300 de 1996: En el Artículo 2º: Principios generales de la industria turística. Modificado por el art. 3, Ley 1558 de 2012 (Universidad externado de Colombia, n.d.), se expone que la industria turística se regirá con base en ciertos principios generales entre los cuales se encuentra el desarrollo en armonía con el aprovechamiento sustentable del medio ambiente.

Ley 1558 de 2012: Con el Artículo 5º de la Ley 1558 de 2012, implementó las Normas de las Unidades Técnicas Sectoriales de Turismo Sostenible (NTS-TS 002), las cuales son de carácter obligatorio. Las cuales buscan preservar el ambiente y las riquezas culturales. El manejo eficiente del agua y la energía, así como gestionar un proceso más eficiente en el manejo de los residuos sólidos y peligrosos, son algunos de los criterios que deben cumplirse.

CONPES 3919: El CONPES 3919 es la política nacional general de edificaciones sostenibles. Busca impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones a través de ajustes normativos, el desarrollo de mecanismos de seguimiento y la promoción de incentivos económicos, que contribuyan a mitigar los efectos negativos de la actividad edificadora sobre el ambiente, mejorar las condiciones de habitabilidad y generar oportunidades de empleo e innovación

Norma Técnica Colombiana – NTC 5183: El propósito principal de esta norma es especificar las tasas máximas de ventilación y calidad del aire interior aceptable para los ocupantes, al tiempo que pretende minimizar la posibilidad de efectos adversos para la salud. Sin embargo, esta norma es una traducción de la norma americana ANSI/ASHRAE 62:2001, más no una adaptación local de la misma.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones: Esta guía resulta de la **Resolución 0549 de 2015**, y propone ciertas medidas de implementación tanto activas como pasivas para alcanzar el cumplimiento de los porcentajes mínimos de ahorro establecidos para Colombia. De acuerdo a lo anterior, el porcentaje de ahorro energético planteado para el sector hotelero en el caso de Pereira que presenta un clima templado, es de 35% anual. Por otra parte, el ahorro mínimo de agua sugerido es del 10% anual.

Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas en Edificaciones – RITE: A su vez, el RITE, recomienda un conjunto de pautas mínimas de confort, eficiencia energética, protección del medio ambiente y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en las edificaciones destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas durante el ciclo de vida del proyecto. Es decir, durante su diseño, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento. No obstante, como se mencionó anteriormente, su aplicación es voluntaria.

Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP: Finalmente, este reglamento tiene como propósito establecer los requisitos que deben cumplir los sistemas de iluminación en los proyectos y el alumbrado público. Esto con el fin de garantizar niveles óptimos de energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente. De esta manera, busca minimizar los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación (Ministerio de Minas y Energía, 2010). De acuerdo a lo anterior, esta norma se tendrá en cuenta para determinar los parámetros que definan el confort lumínico al interior del proyecto seleccionado como caso de estudio.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Normativa Internacional

ASHARAE 62.1: Es el estándar reconocido a nivel internacional y publicado por ASHRAE¹³, donde se especifican tasas de ventilación mínimas y otras medidas para minimizar los efectos adversos para la salud de los ocupantes. Cabe resaltar que este estándar se encuentra diseñado para responder a condiciones climáticas de países con estaciones, sin embargo, se ha usado como base en diferentes zonas del mundo para el diseño de sistemas de ventilación y la calidad aceptable del ambiente interior.

ASHARAE 90.1: Es la norma que proporciona los requisitos mínimos en el diseño de eficiencia energética para edificios de diferentes usos, excepto para edificios residenciales de poca altura. Para el caso de estudio, funciona como base para proponer nuevos sistemas y equipos en edificios existentes, así como criterios para determinar el cumplimiento de estos requisitos.

ASHARAE 55: Este estándar de la misma línea anterior, establece los rangos de condiciones ambientales interiores que logran un confort térmico aceptable para los ocupantes de los edificios. Para este caso, permite reconocer las combinaciones de factores ambientales térmicos interiores y factores personales que producirán las condiciones aceptables para la mayoría de los ocupantes de un espacio determinado.

Documento Básico HS: El Documento Básico HS, hace parte del *Código Técnico de la Edificación – CTE* de origen español. Su objetivo es determinar reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de higiene, salud y protección del medio ambiente. A su

¹³ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

vez, cuenta con un *Documento de Apoyo*, en donde se calculan los parámetros de la envolvente en función del ahorro energético.

5. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de acuerdo a las etapas establecidas en la metodología, iniciando con el análisis preliminar donde se expone el caso de estudio y el análisis climático del lugar, posteriormente se muestra la propuesta de las estrategias seguido de su aplicación en el proyecto. Finalmente, se realiza la evaluación final.

Etapa 1: Análisis Preliminar

Hotelería en la ciudad Pereira-Risaralda. (Caso de estudio): Al ser uno de los destinos principales del eje cafetero, la demanda hotelera en el departamento de Risaralda ha ido creciendo, a medida que se van incrementando los atractivos turísticos en la región. Según la estadística Proexport para Colombia (Ministerio de Industria Comercio y Turismo, 2013), el 1.6 % de turistas internacionales llegan a Pereira Turismo de naturaleza y Turismo Corporativo (ver figura 5).

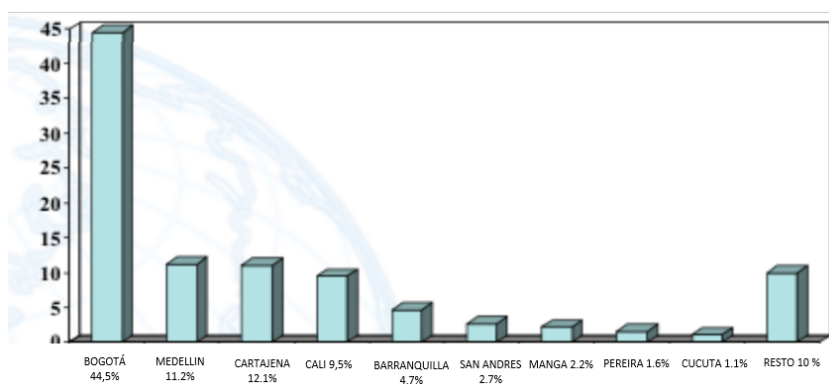


Figura 5. Demanda Hotelera, Mincomercio, 2013. CC BY-NC-NA.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Estacionalidad turística del mercado: Existe una fuerte estacionalidad de mercado para los alojamientos de la región concentrada en los meses de temporada turística alta, los cuales son diciembre-enero, Semana Santa (abril), junio-julio y semana de receso estudiantil (octubre). A esto se suman los eventos corporativos de la ciudad.

Desempeño económico, social y sostenibilidad ambiental: Según el plan nacional de Pereira (BID et al., 2012), el desempeño sostenible ambiental actual de la ciudad de Pereira, en cuanto a la mitigación del cambio climático, tiene que mejorar 50 % y en cuanto a la contaminación del ruido debe mejorar el 100% (ver figura 6). En cuanto a la equidad urbana, se plantea la meta de mejoramiento en un 67 %. En la actualidad, la economía depende principalmente del sector primario, el comercio y la hotelería.

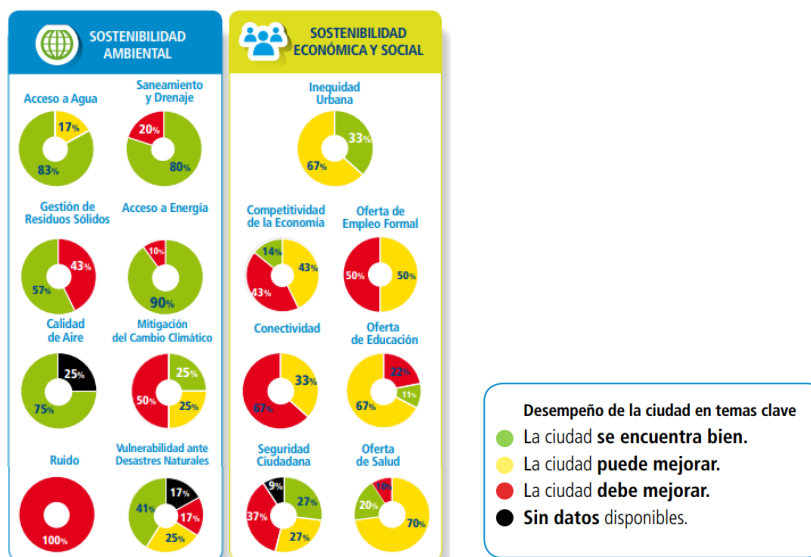


Figura 6. Desempeño Sostenible en Pereira. BID. Repositorio de Findeter. 2012. CC BY-NC-NA.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Localización: El proyecto hotelero se encuentra en el municipio de Pereira, en el departamento de Risaralda, Colombia. Es decir, en el centro-occidente del país, en un valle formado por la terminación de un contra fuerte que se desprende de la Cordillera Central. Pereira hace parte de “el paisaje cultural cafetero colombiano” territorio que en el año 2011 fue declarado patrimonio de la humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura -UNESCO.

Más puntualmente, el proyecto se sitúa en la vereda cerritos, a 12 km del aeropuerto internacional Matecaña por la vía Cartago y a pocos metros del Club Campestre (ver Figuras 7 y 8). Contando con una latitud de 4° 79' 64'' N y una longitud de 75° 85' 03'' O, a una altura de 1.411 m.s.n.m. Esta zona se encuentra con vista a las montañas de la cordillera central colombiana y el valle de Risaralda, un entorno privilegiado de tranquilidad y armonía donde se respira naturaleza alejado del ruido de la ciudad.

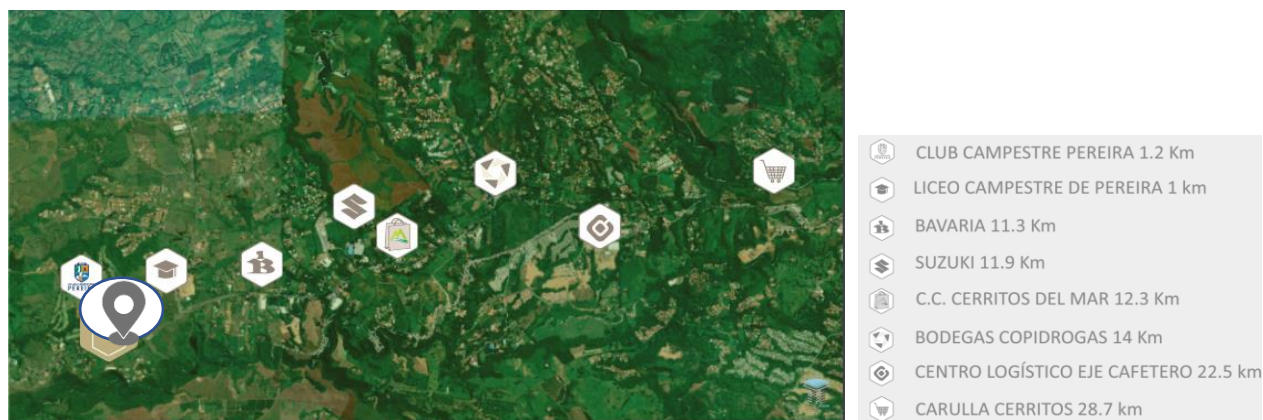


Figura 7. Localización del Lote, adaptado de Google Maps. (2020). CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena



Figura 8. Lote, foto propia, 2020. CC BY-NC-NA.

Adicionalmente, como se muestra en la figura 9, está conectado con las ciudades principales gracias a la proyección de la conexión Pacífico Tres. Este proyecto compuesto por cinco tramos de vía tiene como objetivo acercar el Puerto de Buenaventura y el Caribe con los centros de producción de Antioquia y el Eje Cafetero mejorando vías y conectividad. Esto se verá reflejado en el ahorro de costos, tiempo y distancias para viajeros y transportadores (Concesión Pacífico tres, n.d.).



Figura 9. Conexión pacifico 3, adaptado de Google Maps, 2021. CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Clima: Pereira es una de las zonas más ricas en biodiversidad del país, pues cuenta con gran cobertura vegetal y paisajística. Su clima tiene una temperatura promedio de 22,4 °C. Según la clasificación climática de Köppen¹⁴, el clima de Pereira se clasifica como Cfb, es decir, es Templado húmedo, ya que la temperatura media del mes más frío está por debajo de los 18 °C, y la del mes más cálido supera los 10°C. Además presenta precipitaciones suficientes a lo largo del año, sin estación seca y sus veranos son frescos (Climate-data.org, n.d.; Simulaciones y proyectos. Knowledge from simulation., n.d.).

Sucede de manera similar con la clasificación climática de Caldas –Lang¹⁵, la cual describe adecuadamente las características de humedad y de temperatura en una determinada localidad. En este caso, cada tipo de clima se nombra con dos palabras: la primera describe su característica térmica y la segunda describe su estado de humedad promedio: Templado húmedo para la situación de Pereira (Grupo de Climatología y AgrometeorologíaSubdirección de Meteorología - & IDEAM, 2011).

¹⁴ Es una clasificación climática natural mundial planteada por Wladimir Peter Köppen en 1900, que identifica cinco tipos de clima principales, subdivididos en un total de treinta clases con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan cada clima.

¹⁵ Es la combinación de la clasificación de Caldas con la de Lang (creada por Paul Schaufelberguer en 1962), en donde se considera el factor térmico y el factor de humedad. En el trópico estos son los principales parámetros que describen apropiadamente el clima de una localidad determinada.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

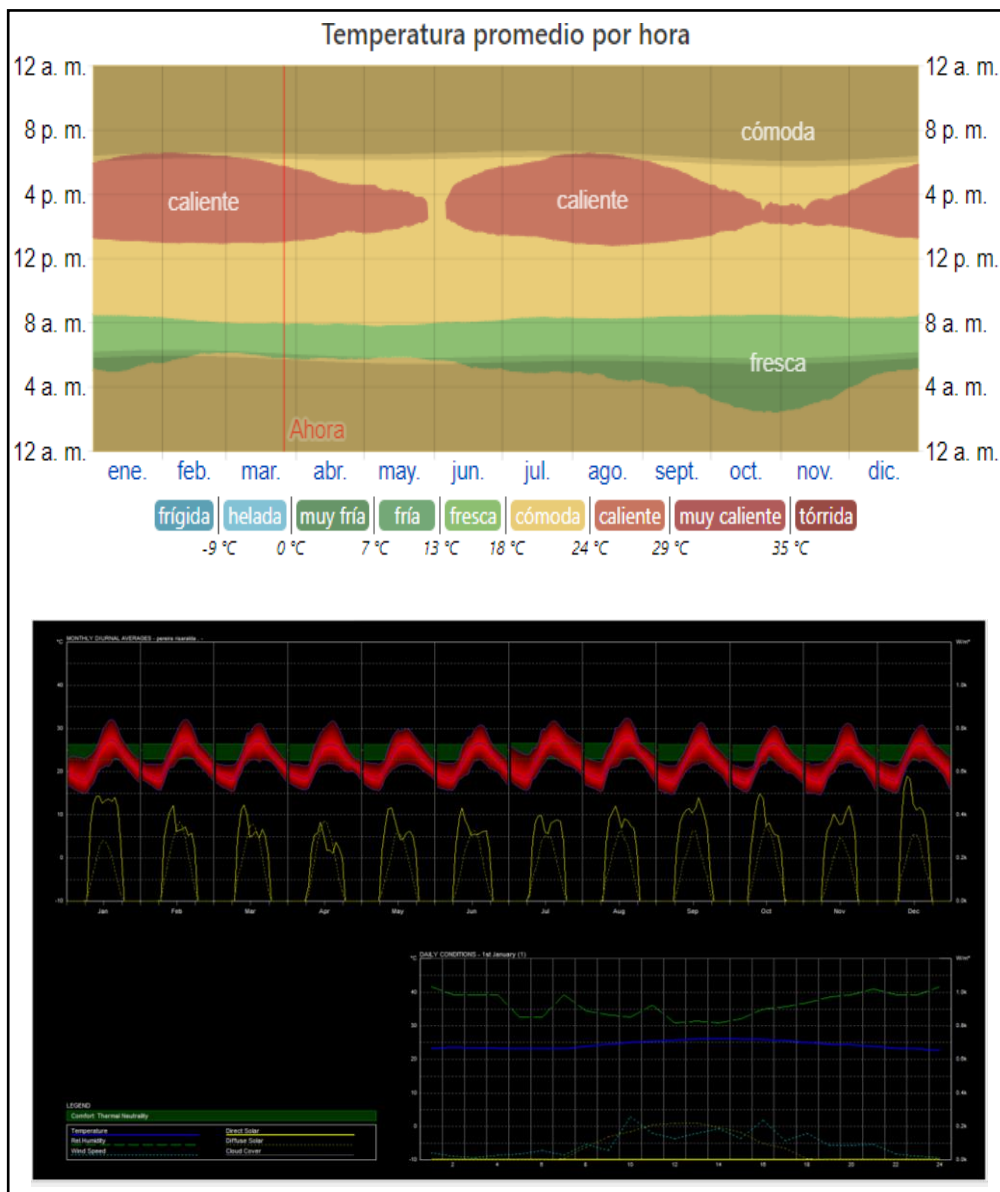


Figura 10. Temperatura y Humedad Relativa en Pereira, Weather Spark & Weather Tool. 2021. CC BY-NC-NA.

De manera análoga, los vientos llegan en dirección noreste con una velocidad de 1.60 m/s (figura 11). Sin embargo, en enero, febrero y marzo la velocidad aumenta a 1.75 m/s (figura 12).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

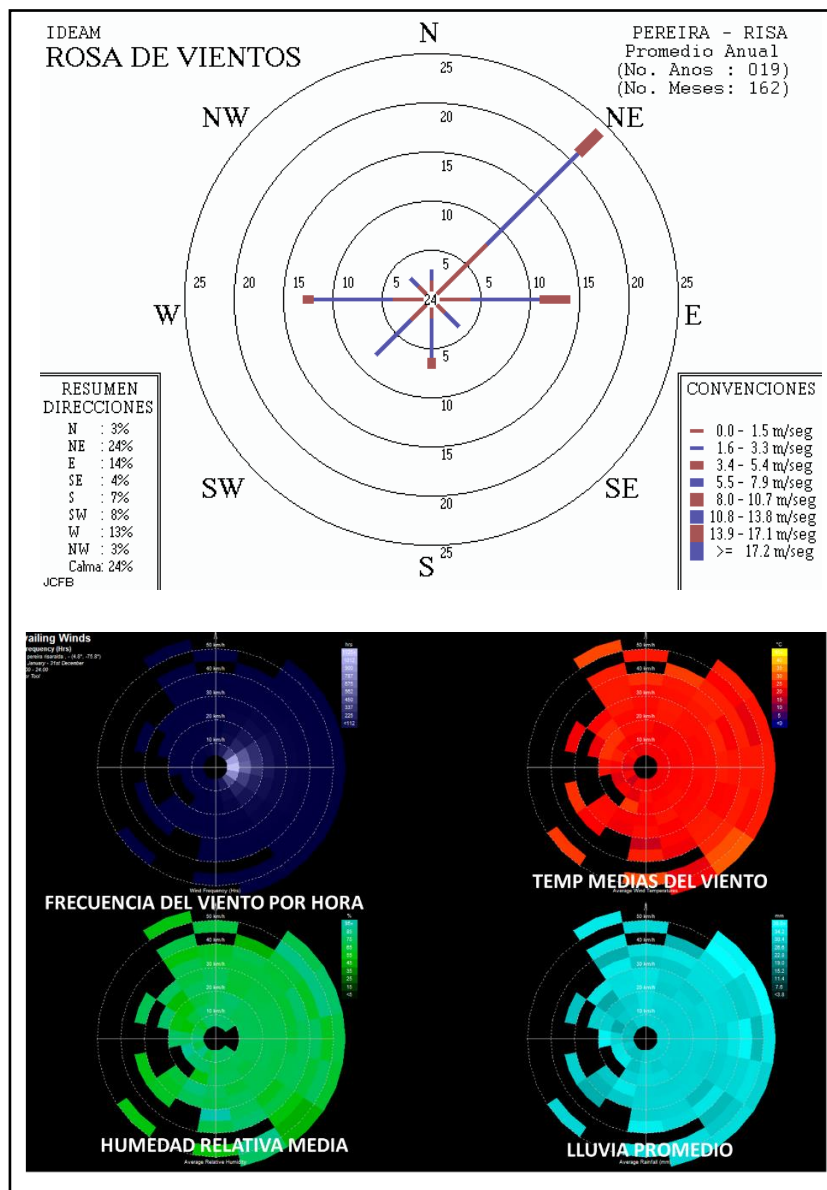


Figura 11. Dirección y velocidad del viento en el lote. Weather Spark & Weather Tool. 2021. CC BY-NC-NA.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

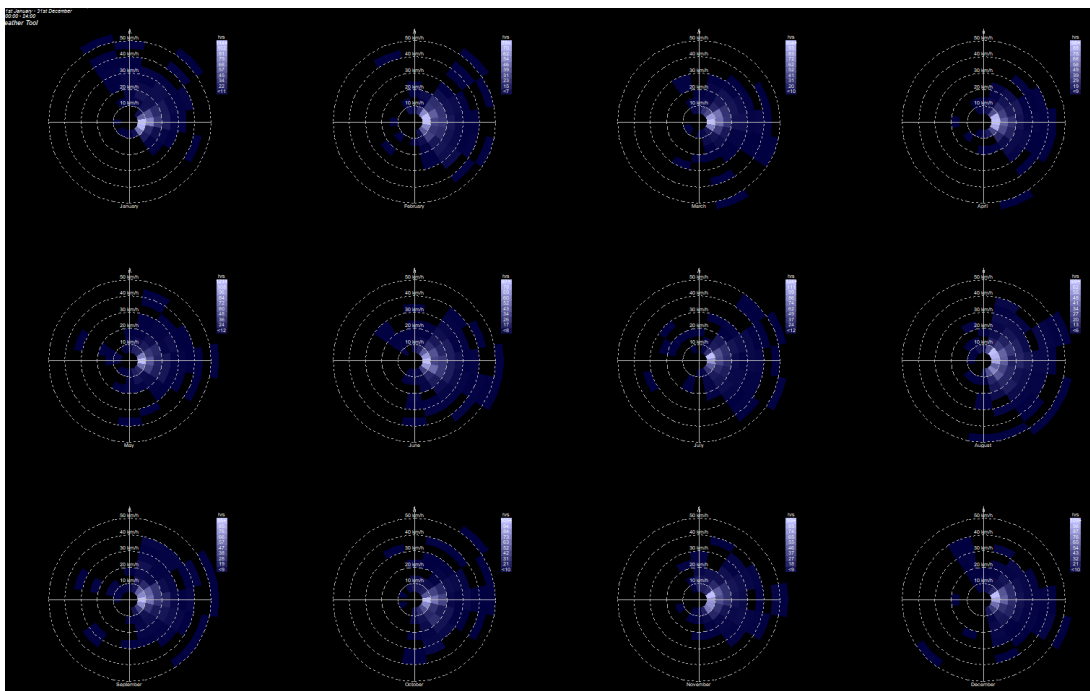


Figura 12. Velocidad del viento por meses. Weather Spark & Weather Tool. 2021. CC BY-NC-NA.

Análisis general del clima: De acuerdo a las características climáticas expuestas, se toma el archivo climático con los datos promedio de temperatura de los últimos 30 años (1998-2019) en el software *Meteonorm*¹⁶ y se comparan con los datos climáticos del año 2017 (año que contiene la información más completa), suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM¹⁷. Una vez revisados, se encuentra similitud entre ambos registros de temperatura, pues está no presenta mayor variación (tabla 2).

¹⁶ Es una herramienta de información climatológica y de cálculo para la interpolación de datos alrededor del mundo.

¹⁷ Entidad del gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se encarga del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente en Colombia.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

FUENTE	METEONORM	IDEAM
MES	TEMP. PROM °C	TEMP. PROM °C
ENERO	22.4	22.6
FEBRERO	22.7	22.7
MARZO	22.6	22.5
ABRIL	22.1	22.4
MAYO	22.5	22.8
JUNIO	22.2	23.4
JULIO	23	22.8
AGOSTO	23	23.3
SEPTIEMBRE	22.2	23.4
OCTUBRE	22	22.4
NOVIEMBRE	21.7	22.3
DICIEMBRE	22.1	23.3
PROMEDIO/TO	22.4	22.8

Tabla 2. Comparación datos climáticos. Meteonorm e IDEAM. 2021. CC BY-NC-NA.

Además de esto, se revisaron los valores máximos y mínimos de temperatura para evaluar las condiciones críticas del clima en Pereira (tabla 3). En este caso, las temperaturas más altas registradas se dan en los meses de enero, julio, septiembre y diciembre; siendo julio el mes en donde se presenta la semana con condiciones más críticas. Por otro lado, los datos de temperatura más baja se observan en noviembre, octubre y abril.

METEONORM- TEMPERATURA			
MES	TEMP. MAX	TEMP. MIN	TEMP. PROM
ENERO	31.7	15.9	22.4
FEBRERO	29.6	16.3	22.7
MARZO	30.2	15.5	22.6
ABRIL	31	15.7	22.1
MAYO	29.4	16	22.5
JUNIO	29.1	15.6	22.2
JULIO	31.2	15.6	23
AGOSTO	30.5	15.6	23
SEPTIEMBRE	30.7	15.7	22.2
OCTUBRE	29.8	15.4	22
NOVIEMBRE	29.8	14.8	21.7
DICIEMBRE	30.5	15.8	22.1
PROMEDIO	30.29	15.66	22.4

Tabla 3. Temperatura máxima y mínima en Pereira. Elaboración propia con datos de Meteonorm. 2021. CC BY-NC-NA.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Así mismo, teniendo en cuenta los datos promedio por día, el día más caluroso del año es el 21 de julio y el día promedio más frío es el 15 de enero (figura 13).

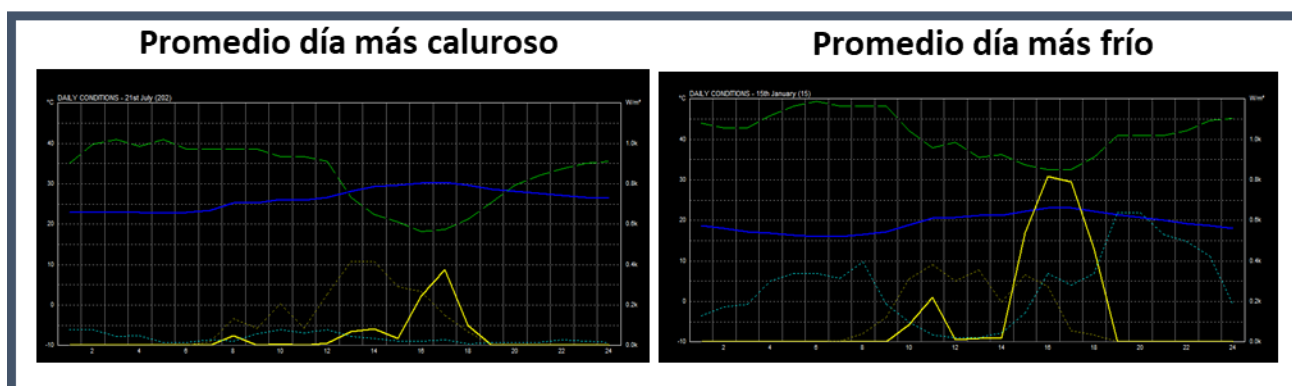


Figura 13. Promedio día más caluroso y día promedio más frío. Elaboración propia con datos de Meteonorm. 2021.

CC BY-NC-NA

Continuando con el factor lumínico, se encontró que el día con mayor brillo solar es el 13 de septiembre y el día más nublado es el 16 de febrero (figura 14).

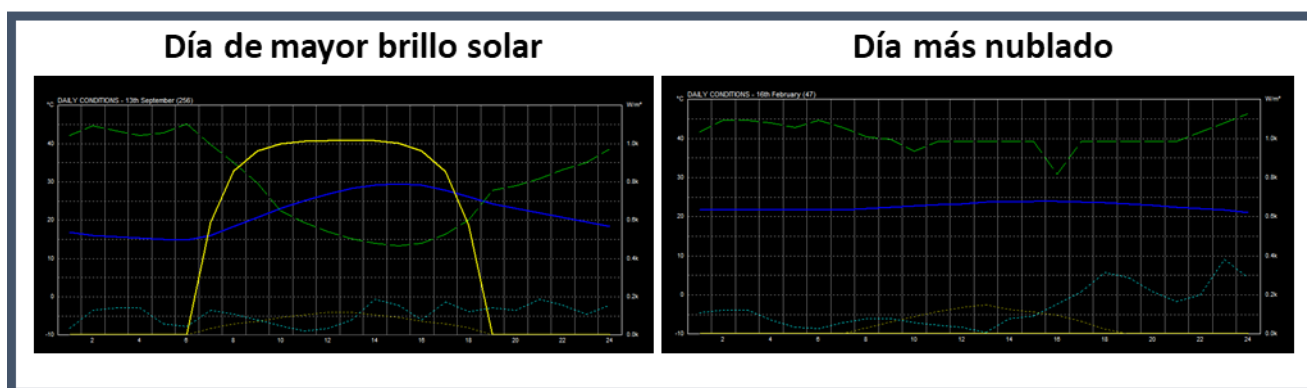


Figura 14. Día con mayor brillo solar. Elaboración propia con datos de Meteonorm. 2021. CC BY-NC-NA.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Estrategias pasivas en Pereira: Una vez analizadas las condiciones climáticas de Pereira, se encontró, con la ayuda del software Climate Consultant 6.0¹⁸, que las estrategias que mayor porcentaje de confort térmico garantizan al año en esta ciudad son las de *enfriamiento por ventilación natural*, *ganancia interna de calor* y *refrigeración por ventilación forzada por ventilador* (figura 15). No obstante, esta última hace parte del grupo de estrategias activas, por lo cual, las estrategias pasivas que mejor se comportan para el clima de Pereira son de las de ventilación natural (22,9%) y ganancia interna de calor (22,5%).

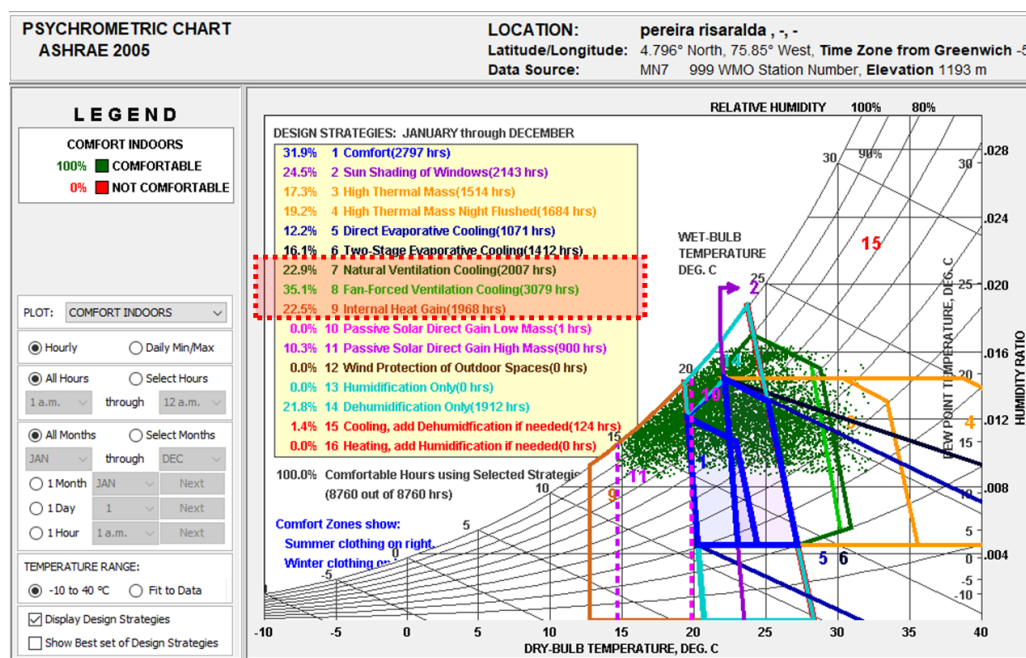


Figura 15. Diagrama psicrométrico para Pereira. Elaboración propia en Climate Consultant 6.0. 2021. CC BY-NC-

NA.

¹⁸ Herramienta gratuita que permite la visualización de parámetros climáticos horarios como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, nubosidad y radiación solar entre otros. Ofrece su diagrama psicrométrico que permite elegir las estrategias de diseño pasivo más adecuadas a cada clima.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

De modo que, para lograr la ventilación natural y la ganancia de calor en proyectos localizados en esta ciudad, se pueden aplicar acciones en el diseño y/o material que permitan: ventilación cruzada, efecto chimenea, enfriamiento de cubiertas, refrigeración nocturna, forma para enfriamiento y sombreado solar.

Descripción del hotel – Estudio de caso: Para aplicar las estrategias pasivas determinadas, se seleccionó un caso de estudio de un proyecto hotelero propuesto para la ciudad de Pereira. El proyecto no se encuentra construido pero su diseño está conformado a partir de una torre de 6 pisos y un sótano. En el sótano se encuentran los parqueaderos, zona de empleados y zona técnica para el funcionamiento del hotel. En el primer piso se ubica la recepción, el lobby, parte administrativa, baños y 11 Suites. Del segundo al quinto piso, hay 52 suites, cada una de ellas cuenta con cocina integral americana, barra de comedor, sala, habitación, vestier y baño (figura 16). En el sexto piso están las áreas sociales como el restaurante, zonas húmedas y gimnasio. También cuenta con zonas sociales en el exterior, con senderos de palmas de corozo, helechos macho, caobo y roble, entre otros. Así mismo, cancha de tenis rodeada, recorridos peatonales para hacer ejercicio, un green de golf con un diámetro de 6 m, zonas verdes con grandes jardines naturales, 2 parques infantiles, 4 barbacoas y parqueaderos exteriores.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena



Figura 16. Zonificación primer piso proyecto hotelero. Elaboración propia en Design Builder. 2021. CC BY-NC-NA.

Las principales problemáticas encontradas en el proyecto se relacionan a las necesidades climáticas del lugar por la utilización de diseños convencionales e implantación inadecuada, la cual generaría insatisfacción a los huéspedes por las afectaciones directas del clima. Además de esto, se identifica un déficit en estrategias pasivas, la ventilación es reducida y los materiales desacertados para el tipo de clima. Estos problemas de diseño pueden resultar en inconvenientes a futuro, se puede asociar a problemas de salud en el personal y los huéspedes al no tener una adecuada renovación de aire, consumo elevado de energía y desaprovechamiento de los recursos naturales.

Descripción de las condiciones de confort térmico para el estudio de caso: Según el estándar ASHRAE 55, para encontrar el confort térmico¹⁹ se deben tener en cuenta parámetros como la temperatura media exterior y la temperatura operativa²⁰. La primera, constituye un dato fijo o estático, mientras que la segunda (la operativa) es un dato que varía según el comportamiento interior y resulta del promedio de la temperatura radiante y la temperatura exterior. En este sentido,

¹⁹ Entendido como la condición de la mente que expresa satisfacción con el entorno térmico.

²⁰ La temperatura operativa, según el estándar ASHRAE 55, es la temperatura uniforme de un recinto negro imaginario en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación más convección como en el medio ambiente no uniforme real.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

mediante variaciones al interior se busca llegar a un punto de confort y por ende minimizar las horas de desconfort.

De manera que, teniendo en cuenta que el proyecto estudiado es un Hotel de seis pisos en donde las actividades son constantes durante el día y está situado en Pereira cuyo clima es templado y húmedo, se propone llegar a una temperatura operativa de 25° C, tomando como punto de partida la dada por el software utilizado (Design Builder) y el modelo adaptativo de confort. Esto a través de variaciones como: ventilación en espacios donde se concentren equipos, reducir las ganancias térmicas en materiales y bajar la ocupación de los espacios.

Por tanto, teniendo en cuenta el diagrama psicométrico de la figura 17, se calcula que el 60% del año se está fuera de la zona de confort. Para contrarrestar el porcentaje en desconfort, se propone la implementación de estrategias pasivas que permita lograr el 90% de confort. Este porcentaje se logra permaneciendo la mayor parte del tiempo en un rango de temperaturas de 22,2 ° C a 27,2° C (figura 18). El 10% restante, al ser un porcentaje mínimo, se puede solucionar con estrategias relacionadas al metabolismo de los usuarios.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

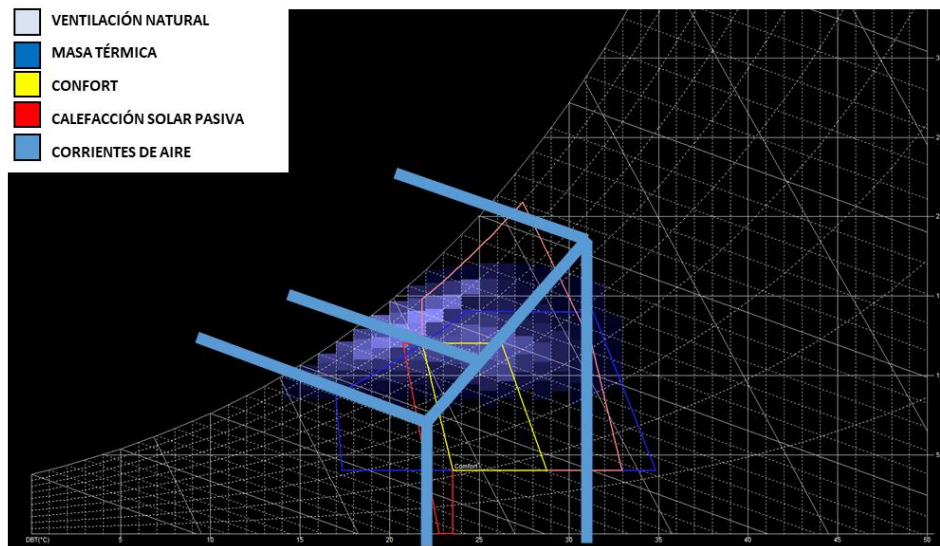


Figura 17. Diagrama Psicrométrico. Elaboración propia con ayuda del software Weather Tool. 2021. CC BY-NC-NA.

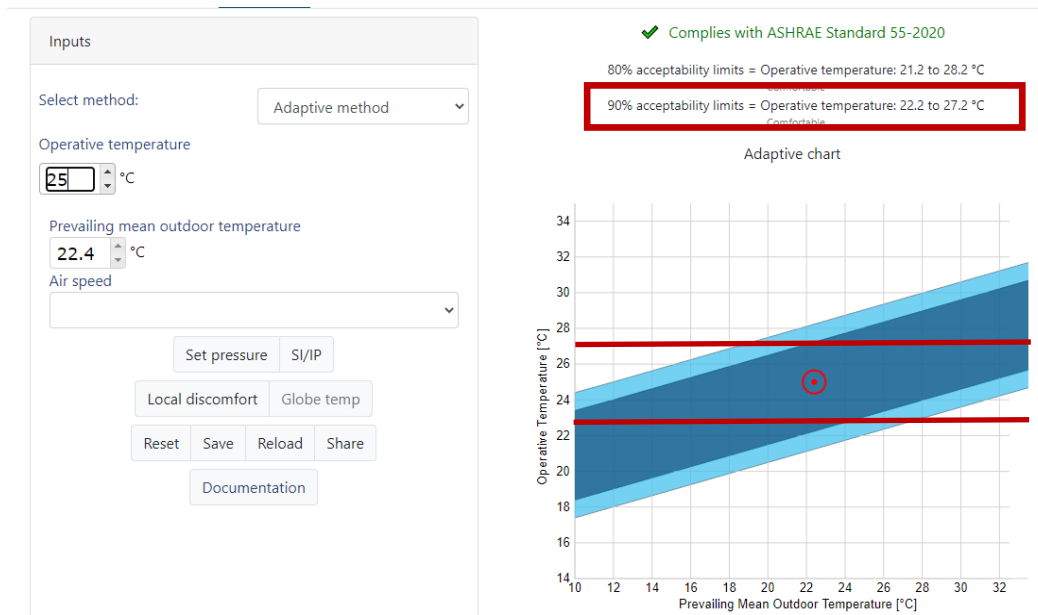


Figura 18. Zona de confort según modelo adaptativo ASHRAE 55. Herramienta de confort térmico CBE. (2020).

CC BY-NC-NA.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Etapa 2: Diagnóstico y propuesta

Diagnóstico

Orientación: Con ayuda del software Weather Tool, se realiza una simulación de todas las posibles orientaciones del proyecto para compararlas con las temperaturas esperadas a lo largo del año. En este caso, se determina que la mejor orientación es norte-sur (97.5° Azimut, figura 19), teniendo en cuenta que, en esta simulación, las temporadas más cálidas se concentran únicamente en los meses de enero, julio, septiembre y diciembre. Situación distinta a las otras orientaciones. Por ejemplo, en la orientación sur- norte, la temporada más cálida se amplía, abarcando los meses de mayo a agosto y en la orientación oriente-occidente, la temperatura es constante, pero con promedios demasiado altos (alrededor de 30°C) en la mayoría de los meses (Ver figura 20).

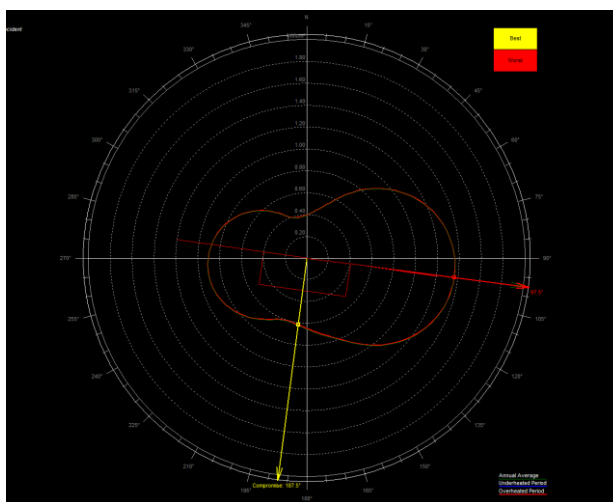


Figura 19. Mejor orientación $97,5^\circ$ derecha. Elaboración propia con ayuda de Weather Tool. 2021. CC BY-NC-NA.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

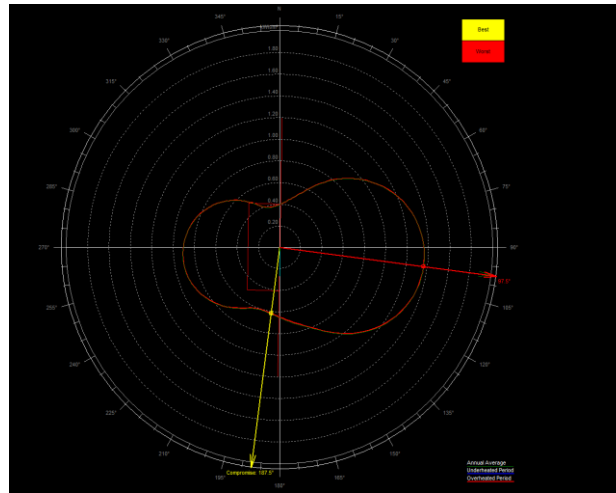


Figura 20. Fachadas con mayor radiación en el año. Elaboración propia con ayuda de Weather Tool. 2021. CC BY-NC-NA

Carta Estereográfica: Sabiendo que el proyecto actualmente está pensado para una orientación oriente- occidente, se realiza un estudio de la carta estereográfica en donde se analiza la proyección de las sombras de los solsticios y equinoccios durante el año en la edificación de acuerdo a los datos climáticos mencionados antes (figura 21).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

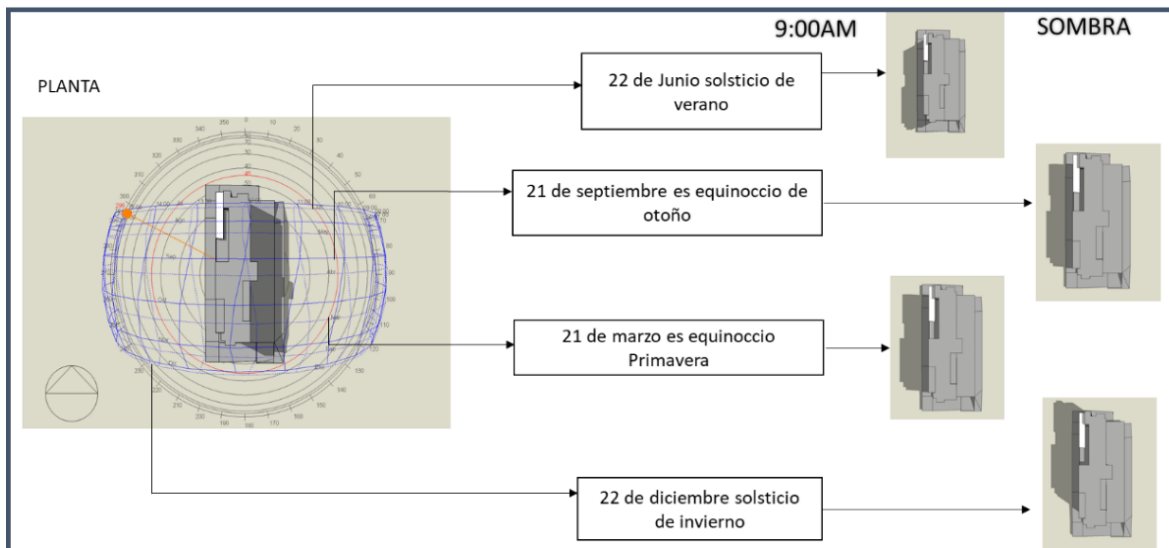


Figura 21. Carta Estereográfica. Elaboración propia en el software Design Builder. 2021. CC BY-NC-NA

De esta forma, se observa cómo las fachadas de mayor longitud son las que tienen mayor radiación, como se muestra en la figura 22. En este caso, a las 9:00 am la radiación está impactando la fachada posterior hacia el oriente y como consecuencia, la sombra está en la fachada frontal hacia el occidente. Por el contrario, a las 3:00 pm la radiación está impactando la fachada frontal hacia el occidente, por lo cual la sombra se presenta en la fachada posterior hacia el oriente.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

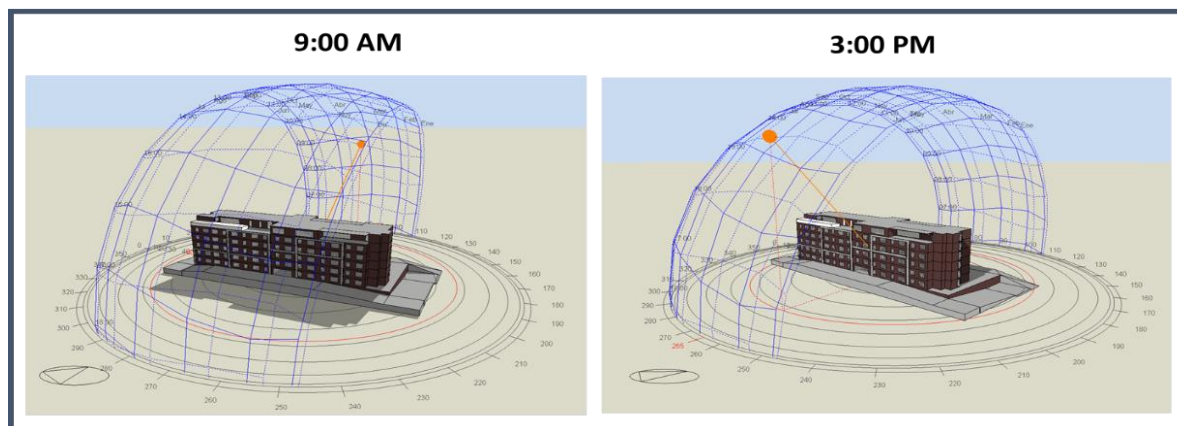


Figura 22. Sombras 21 de marzo. Elaboración propia en el software Design Builder. 2021. CC BY-NC-NA

Por otra parte, se estudió la orientación de vientos tomando como punto de partida la simulación de la asoleación real del proyecto a través de la herramienta Design Builder. Como resultado, se observa que el viento predominante en el modelo actual va en dirección noreste. Como se muestra en la figura 23, las zonas que reciben flujos de viento, se marcan en naranja como zonas de presión positiva, permitiendo sólo un aprovechamiento parcial del viento para la ventilación del interior del edificio, pues solo lograría ventilar la fachada nororiental de la edificación.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

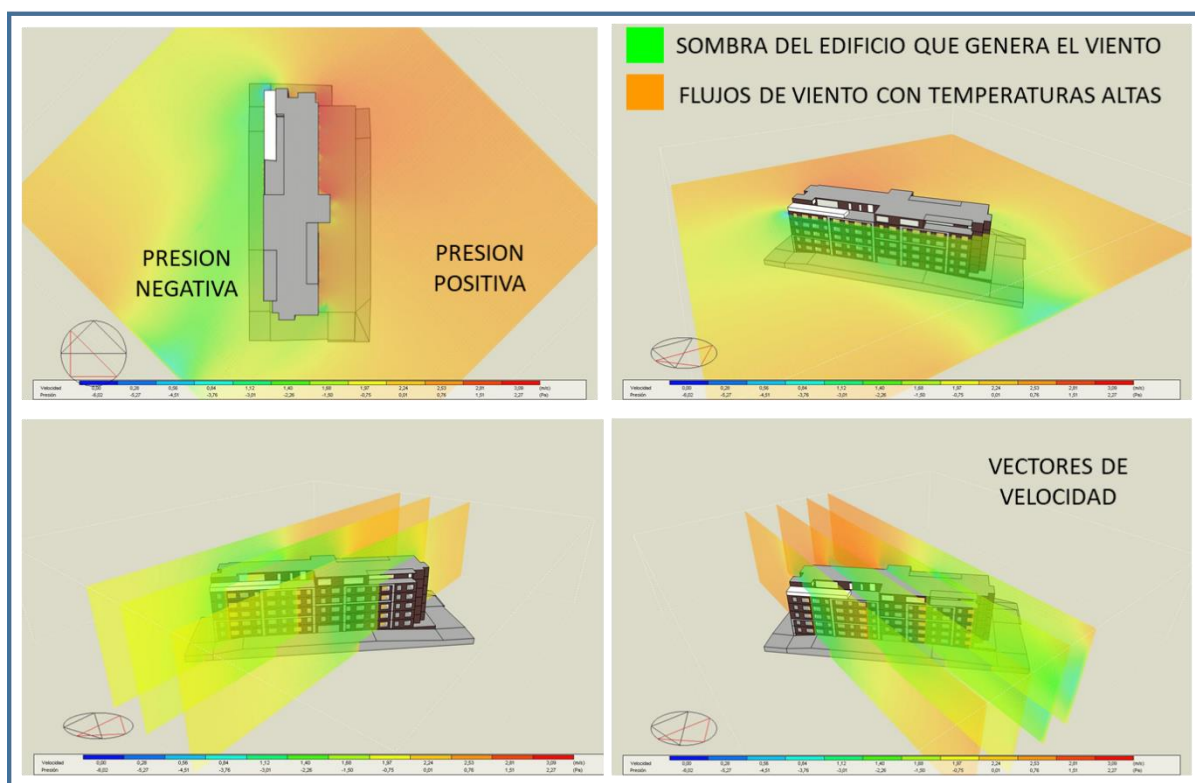


Figura 23. CFD del proyecto. Elaboración propia en el software Design Builder. 2021. CC BY-NC-NA

Temperatura interior en el modelo actual: con el objetivo de conocer el comportamiento climático al interior del proyecto con los diseños actuales e identificar las temperaturas más altas a las cuales deben responder las estrategias, se simula el modelo en una semana de clima extremo en Pereira. Para ello, se selecciona la semana extrema de verano, la cual va del 16 al 22 de julio.

Como resultado, se visualiza que, a una temperatura exterior de $23,9^{\circ}\text{C}$, la temperatura interior en el edificio aumentaría a $32,2^{\circ}\text{C}$ (ver figura 24). Esto calculando que los equipos estén encendidos en un horario de actividad de 24 horas con una ocupación alta y teniendo en cuenta la orientación, materiales y diseño. La orientación oriente –occidente demuestra que la temperatura sube debido a que las fachadas largas están más expuestas a la radiación. A esto se suma que los

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

materiales planteados tienen altas ganancias térmicas y que la protección solar y diseño influye negativamente en el funcionamiento térmico de la edificación.

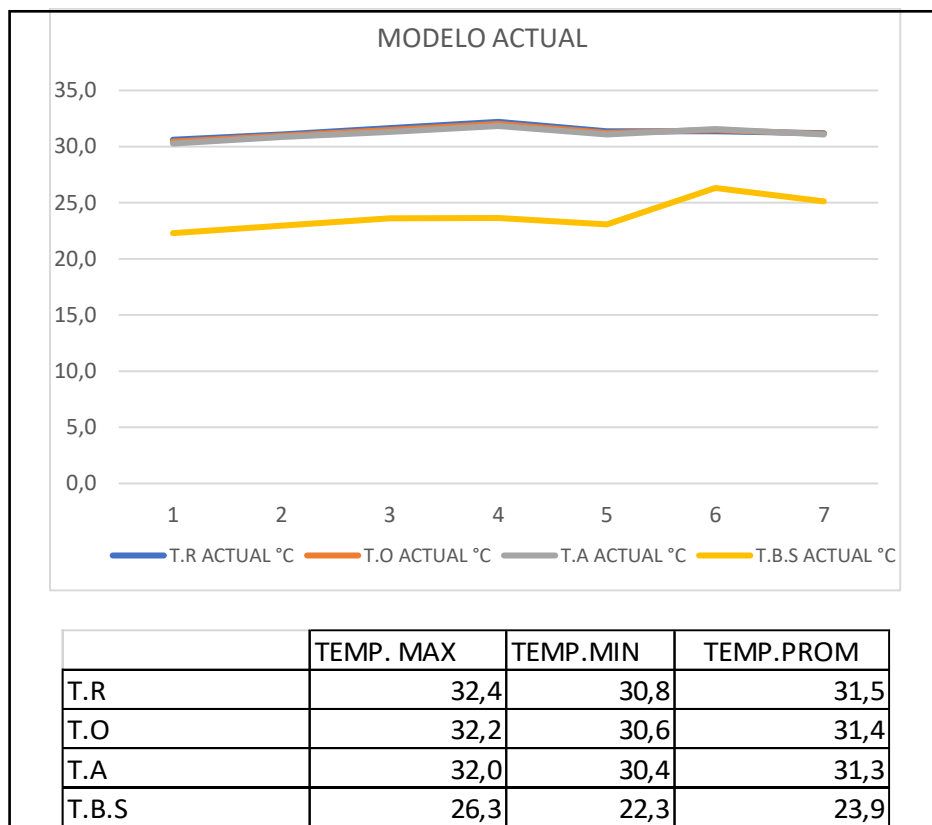


Figura 24. Temperatura operativa del modelo actual. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Así mismo, el análisis por pisos expresa que el piso con mayor temperatura es el número 3, con una temperatura promedio de 32,8 ° C. esto debido a la masa térmica de los pisos superior e inferior (ver figura 25).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

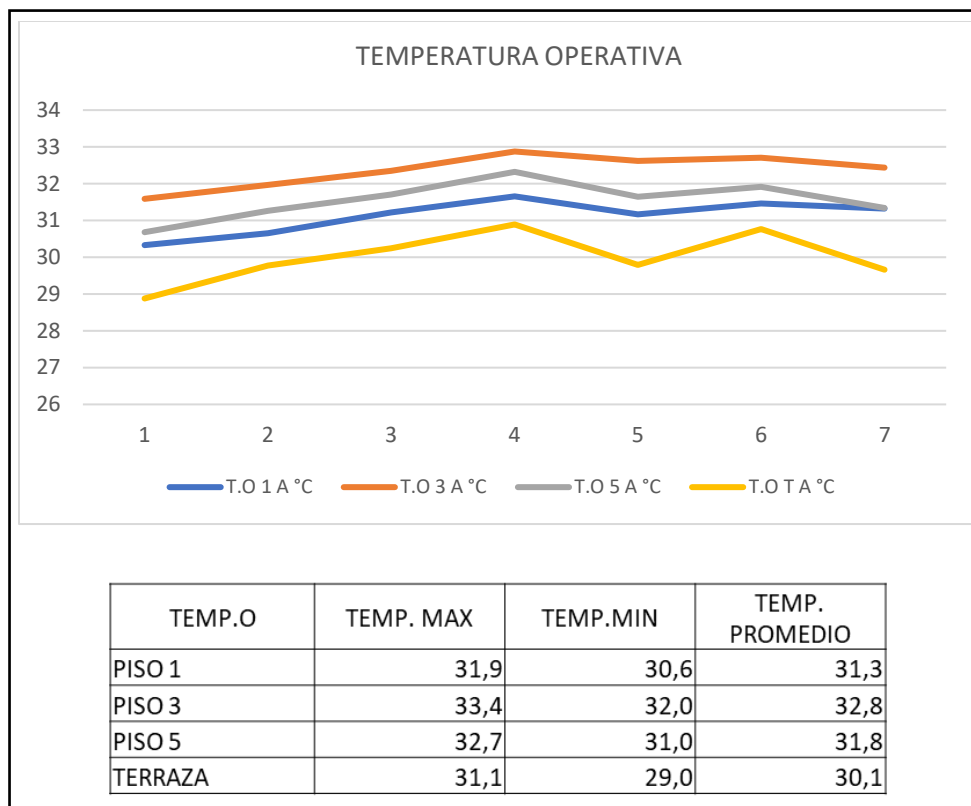


Figura 25. Temperatura modelo actual por pisos. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Iluminación modelo actual: Para revisar la iluminación del modelo actual, se toma como punto de referencia el día 13 de septiembre (el día de mayor brillo solar según el análisis realizado), pues este es el día más luminoso del año en Pereira. En consecuencia, se encontró que el diseño actual no está cumpliendo con Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, ya que se debe garantizar mínimo 0,5% de iluminación en $\frac{3}{4}$ de profundidad del espacio por cada habitación. Además, para la cocina se debe responder mínimo al 2 % de iluminación en la mitad de su ancho y para la zona social se debe avalar por el 1% de iluminación. Así también, como se observa en la figura 26, la iluminación del piso uno, dos y tres en la profundidad es muy

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

baja y en la ventana hay un alto deslumbramiento. Esto teniendo en cuenta la escala de luxes²¹ ubicada en la derecha de cada planta, la cual indica que las tonalidades oscuras revelan las zonas menos iluminadas, siendo el negro, símbolo de la menor cantidad de luxes en un espacio. Mientras que las tonalidades cálidas son para las zonas más iluminadas, siendo el rojo, la representación de la mayor concentración de luxes en un espacio.

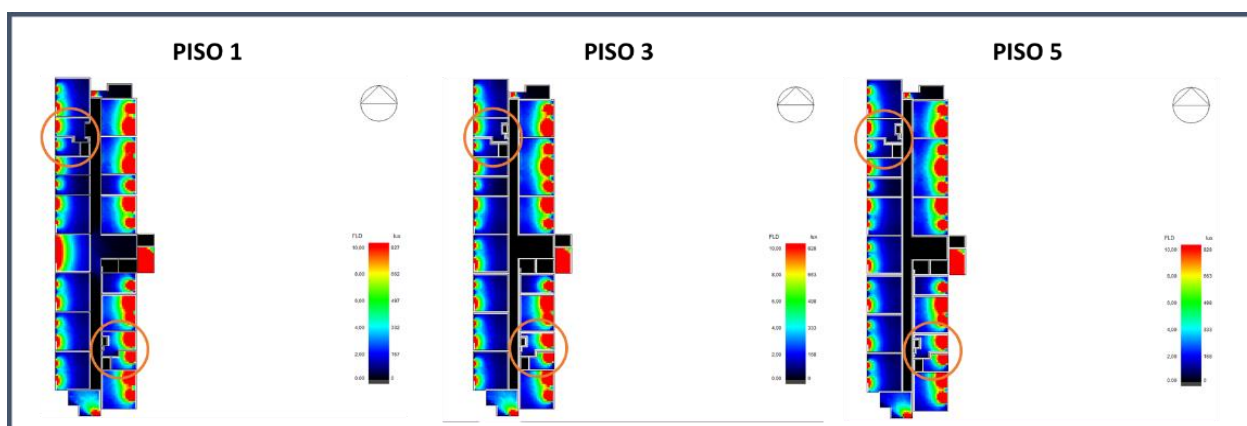


Figura 26. Iluminación por pisos- modelo actual. Elaboración propia en Design Builder. 2021. CC BY-NC-NA

Por otro lado, la iluminación de las aparta suites correspondientes al número 6, en los pisos uno, dos y tres con fachada oriental, tienen 49,0% de iluminación en la zona social hacia la ventana, y 2,90 % de iluminación en la profundidad del espacio. Estos valores, son altos para esta zona teniendo en cuenta que según la norma RETILAP, lo máximo recomendado es 7 % de iluminación. En la zona privada, estas habitaciones tienen 48% de iluminación en el costado de la ventana y 2,50% de iluminación en la profundidad del espacio (ver figura 27).

²¹ Es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m².

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

En cuanto a los aparta suites número 13 en los pisos uno, dos y tres con fachada occidental, se observa que la zona social posee 17,30% de iluminación hacia la ventana y 1,22 % de iluminación en la profundidad del espacio. Lo cual sigue siendo alto según lo recomendado en la norma mencionada. A su vez, en la zona privada tiene 14,96% de iluminación en el costado de la ventana y en la profundidad del espacio tiene 1,08% como se visualiza en la figura 27.

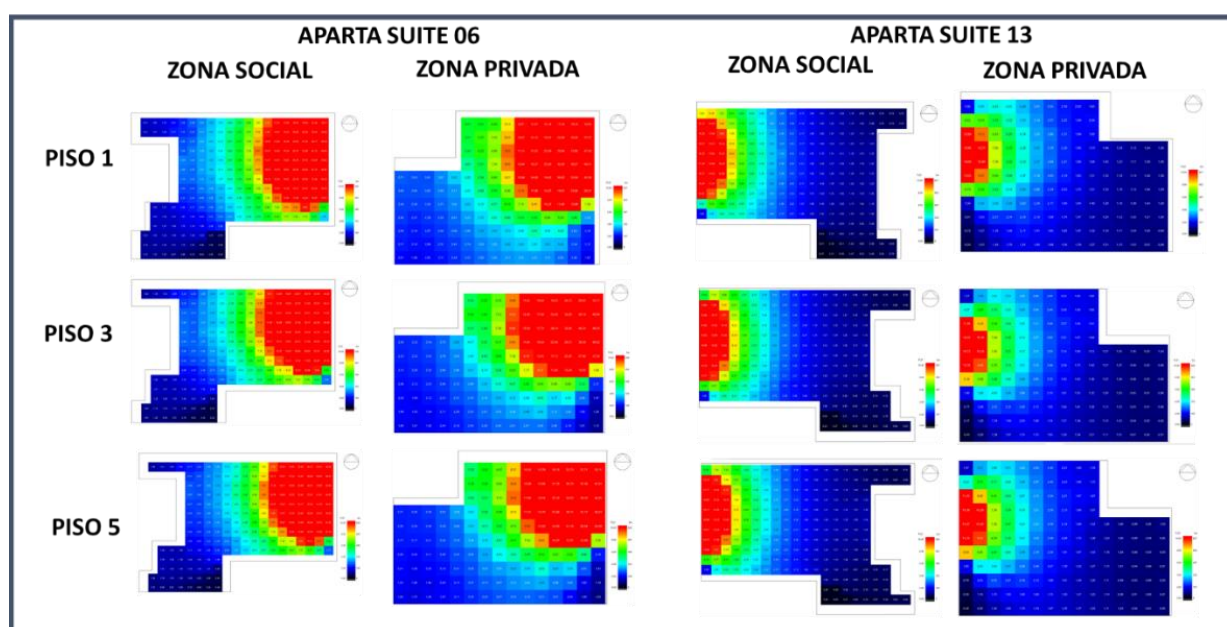


Figura 27. Iluminación por suites- modelo actual. Elaboración propia en Design Builder. 2021. CC BY-NC-NA

Ventilación modelo actual: Para este diagnóstico, se toma como referente el primer piso, el cual muestra que es una de las zonas con mayor déficit de renovación de aire en el proyecto. Se encuentra que esta problemática se debe a que el diseño actual contempla los puntos fijos en los extremos del hall y además no tiene ventanas en esta ubicación. También se debe a lo comprimido que está el espacio, haciendo que no exista una circulación constante del aire y este permanezca caliente al interior (ver figura 52).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Propuesta

Estrategias pasivas: El diseño pasivo consiste en una forma de proyectar edificios aprovechando las características medioambientales existentes para reducir al máximo el consumo energético necesario para ser habitables. Este diseño deriva su nombre del enfoque en la parte pasiva del edificio, es decir, los componentes constructivos y materiales y en la interacción de estos con factores climatológicos como la radiación solar y el viento para acondicionar los espacios de forma natural. Así también, dentro de sus principales ventajas se encuentra que: Se sirve de fuentes de energía inagotables y gratuitas (sol y viento), tiene nulas emisiones de CO₂ en la producción de la energía y hay reducción de las demandas de calefacción y refrigeración (García, 2019). Por esta razón, depende tanto del clima exterior como del lugar de implantación.

Desde esta perspectiva y como consecuencia del análisis general del lugar, el diagnóstico de temperatura e iluminación del estado actual del proyecto y el tipo de estrategias que mejor se ajustan a un diseño bioclimático en Pereira según Climate Consultant, se determinaron tres parámetros principales para la aplicación y simulación de las estrategias pasivas que permitan mejorar las condiciones de confort al interior del hotel (ver figura 28). Los parámetros seleccionados fueron:

1. Temperatura: dentro de las estrategias relacionadas a la reducción de temperatura interior se opta por el cambio de la orientación, el uso de materiales sostenibles y mejoras en el diseño a partir del sombreado.
2. Iluminación natural: con la iluminación natural se busca reducir el uso de iluminación artificial en el proyecto. Para esto, se implementaron estrategias como el aumento en la

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

dimensión y el número de ventanas y la creación de un vacío central para iluminar la circulación de forma natural.

3. Ventilación natural: las estrategias utilizadas para responder al parámetro de ventilación natural son el efecto chimenea, la ventilación cruzada y la ventilación unilateral, las cuales apuntan a la disminución del uso de aire acondicionado.

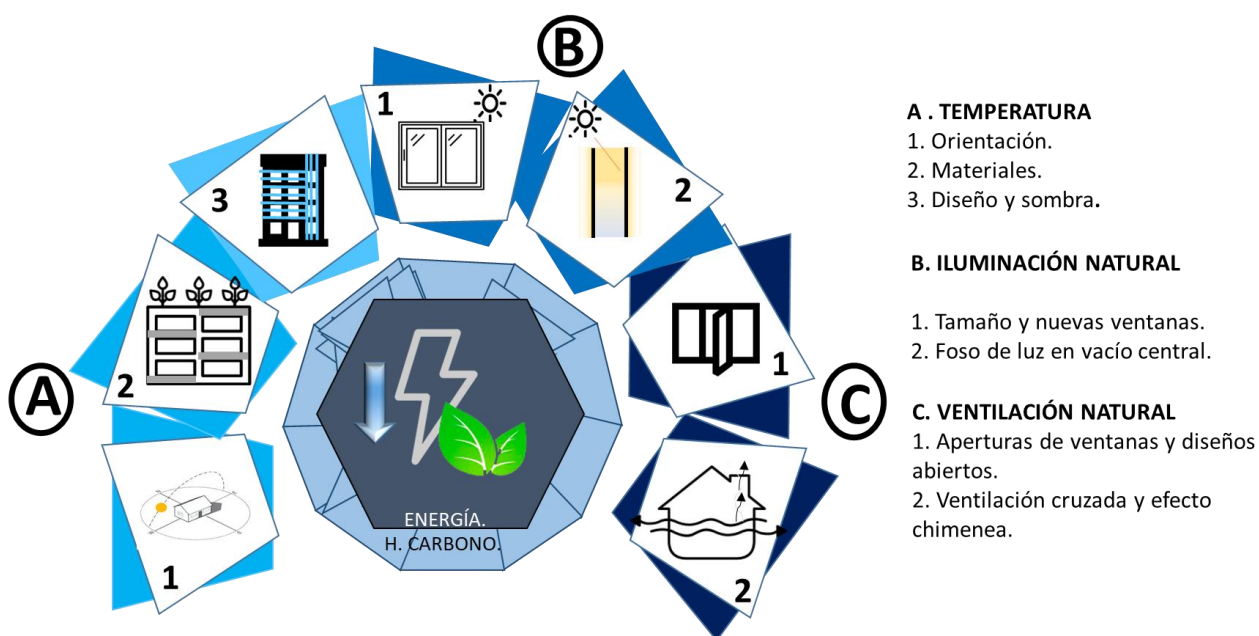


Figura 28. Estrategias seleccionadas para aplicación. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Estrategias sostenibles: Adicionalmente, se investigaron diferentes estrategias sostenibles que pueden ser implementadas en el proyecto, pero no se simulan en la presente propuesta. Estas estrategias están ligadas a parámetros diferentes a los escogidos para implementar el estudio de caso, como lo son estrategias de ahorro de energía y agua, manejo de reciclaje y desarrollo de huertas.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

- 1. Paneles solares:** Teniendo en cuenta que la energía solar es un recurso renovable, los paneles solares funcionan como módulos fotovoltaicos individuales que captan esta energía convirtiéndola en electricidad. A su vez, están formados por celdas que contienen células solares individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio que transforman la luz o fotones en energía eléctrica o electrones (CELSIA. Empresa de energía del GRUPO ARGOS, 2018).

De este modo, con la luz solar, estas células se comportan de forma similar a una batería. La luz recibida separa los electrones de manera que forman una capa de carga positiva y una de carga negativa en la célula solar; esta diferencia de potencial genera la corriente eléctrica. Los paneles se conectan a una batería que almacena la electricidad generada, esta electricidad es la carga la que se utiliza. Los paneles convierten la luz solar en electricidad de corriente continua durante las horas del día, por lo tanto, su disposición, ubicación y aplicación en un proyecto dependerán de factores específicos de cada lugar.

- 2. Domótica:** En general, la domótica es “el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema.” (Asociación Española de Domótica e Inmótica - CEDOM, n.d.).

Siendo así, un sistema domótico recoge información proveniente de sensores o entradas, para luego procesarla y emitir órdenes a actuadores o salidas. En adición, la domótica permite responder a requerimientos que plantean los cambios sociales y las nuevas tendencias de forma de vida, facilitando procesos como el diseño de casas más humanas, funcionales y flexibles.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

- 3. Agua:** Teniendo en cuenta el elevado consumo de agua en la industria hotelera, un recurso importante puede ser la recolección de aguas lluvias y su reutilización como riego en jardines, techos verdes y de uso sanitario. “Recoger el agua de lluvia supone utilizar espacio de los tejados y cubiertas de un edificio para captar el agua que precipita desde el cielo”(Sitiosolar.com - Portal de energías renovables, 2013). Esta agua recolectada, luego debe ser canalizada, filtrada y almacenada en un depósito para su posterior uso cuando sea necesario. Estos sistemas constan de elementos como:
- Área de captación: la cual es normalmente en las cubiertas. El material usado para la recolección debe ser inocuo y no contener impermeabilizantes.
 - Conductos de agua: puede ser con la inclinación del tejado directamente y/o con conductos que dirijan el agua al depósito. Deben de dimensionarse correctamente para evitar que se desborde el agua captada.
 - Filtros: cuya función es eliminar el polvo y las impurezas que porte el agua.
 - Depósitos: Son los espacios destinados para almacenar el agua recolectada. Pueden ser de diferentes tamaños en función del agua que se pueda y quiera almacenar. Las paredes del depósito deben de ser de materiales que permitan la correcta conservación del agua.
 - Sistemas de control: Estos son sistemas opcionales. Sirven para gestionar la alternancia de la utilización del agua de la reserva y de la red general.
- 4. Reciclaje:** El reciclaje es una actividad que busca tanto la reutilización máxima de elementos de uso diario, como su adecuado desecho. Esto con el fin de promover el cuidado del medio ambiente. Para reciclar es necesario clasificar los residuos en contenedores separados por colores de acuerdo a su uso y material. Los colores tradicionales son azul,

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

amarillo, verde, café y verde oscuro. Sus usos son papel y cartón, metálico y plástico, cristal y vidrio, material orgánico, y desechos respectivamente (Tu administrador Chile - Administración de edificios y condominios en Santiago, 2019).

Por otro lado, una forma de reciclar sin que algunos productos sean vertidos en depósitos, es convirtiéndolos en abono para plantas, sobre todo en el caso de los residuos resultados de la actividad de cocina y restaurante. Por ejemplo, separando los residuos orgánicos sin procesar como cáscaras de huevo o cáscaras de plátano y enterrándolo en plantas.

5. Huertas: Finalmente, se puede considerar la creación de huertas en los muros verdes para el consumo y uso del restaurante. Las huertas traen grandes beneficios tanto ambientales como económicos y sociales para proyectos de esta índole. Esto porque los recursos utilizados para sembrar y recoger son totalmente naturales y, por tanto, menos contaminantes. Además, las huertas contribuyen a reducir las emisiones netas de dióxido de carbono. Por otra parte, resultan ser una fuente económica de alimentos, además si se utilizan los suministros como el riego de forma eficiente o los residuos orgánicos de la cocina como abono se pueden conseguir mejores resultados.

Para implementar esta práctica se deben contemplar aspectos como: Utilizar agua de lluvia para regar para aprovechar los recursos locales. Escoger la mejor orientación para favorecer una buena radiación solar. Prever algún sistema de sombreado teniendo en cuenta que las plantas soportan mejor el sol de mañana que el de tarde. Y asegurarse de que no les falten nutrientes necesarios (Carmona, 2019).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Etapas 3: Aplicación de la propuesta

En esta etapa, con el apoyo del software Design Builder, se genera un modelo del proyecto seleccionado con cambios propuestos en su diseño y materialidad (estrategias) que respondan a los parámetros establecidos anteriormente (temperatura, iluminación y ventilación). Dicho esto, para examinar el confort y consumo energético de esta propuesta, se plantea la estrategia seguida de un ejercicio de comparación entre el modelo actual y el modelo con las estrategias. Cabe resaltar que para las simulaciones se tienen en cuenta las condiciones críticas de Pereira descritas en el análisis general del clima. Para cada estrategia, se expone primero el resultado general del edificio y luego el resultado obtenido por pisos.

Parámetro 1 -Temperatura

- 1. Orientación:** En esta estrategia, como se observa en la figura 29, se gira el edificio 83° hacia el nor-occidente de acuerdo a los resultados de orientación de weather tool en donde la orientación adecuada es norte sur. Al contrastar el modelo actual con el modelo girado, la temperatura promedio del proyecto baja 0,64° C como se muestra en la figura 30. La máxima baja 0,79 °C y la mínima disminuye en 0,71 °C.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

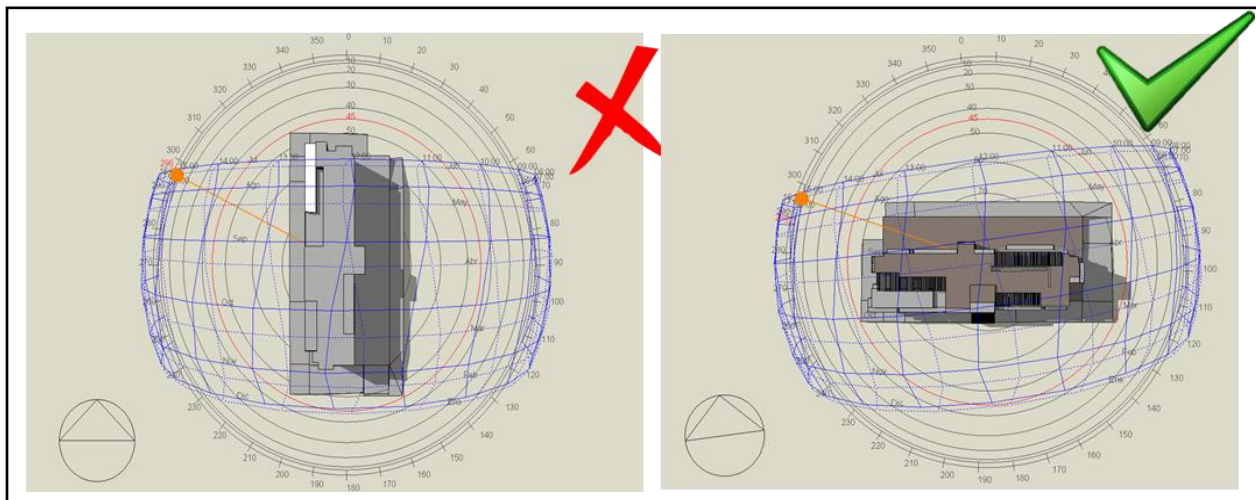


Figura 29. Cambio en la orientación. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

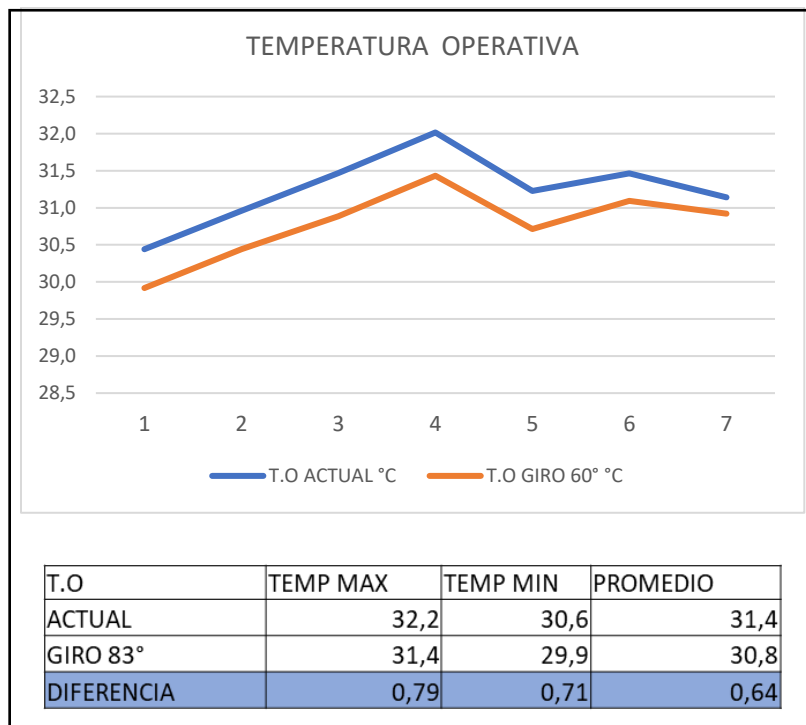


Figura 30. Temperatura operativa general con estrategia de orientación. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

El resultado por pisos, muestra como la temperatura en el primer piso se reduce 0,80°C, en el tercer piso 1,4°C, en el quinto piso 1,3°C y en la terraza 0,4°C (ver figura 31).

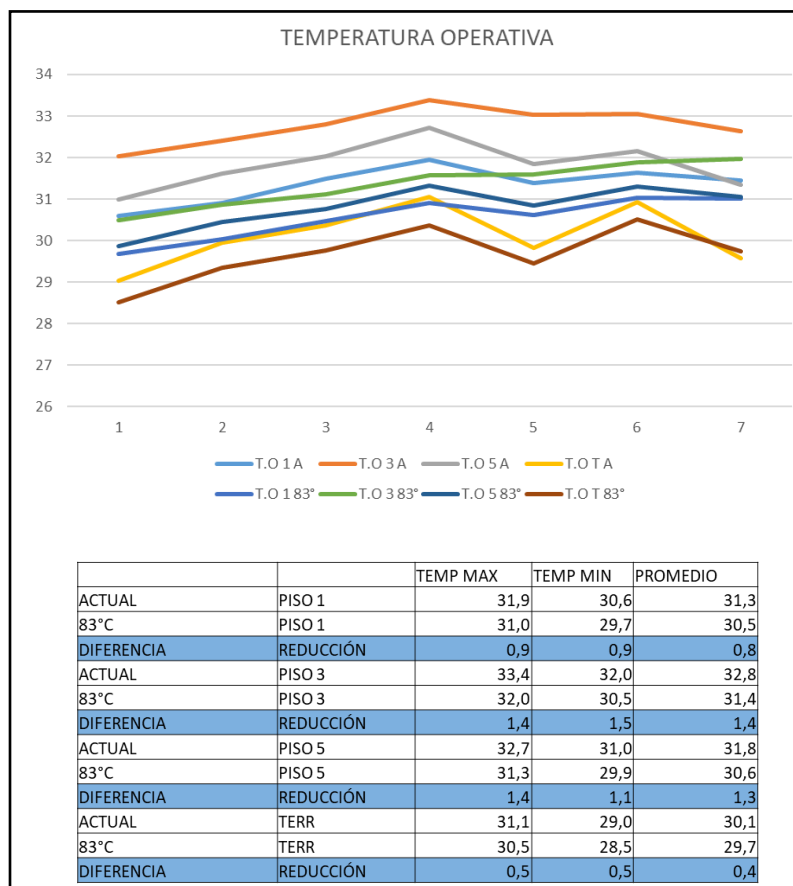


Figura 31. Temperatura operativa por pisos con estrategia de orientación. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-

NA

Adicionalmente, con el edificio girado 83°, se observa el cambio de sombras generadas en los solsticios y equinoccios. Estas sombras señalan que la radiación está impactando de manera menos directa en la edificación lo que resulta en un control más eficiente de la temperatura al interior (ver figura 32). De forma similar, la ventilación es más eficiente ya que los vientos llegan por el nor-

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

oeste y permitirían una ventilación constante en todos los espacios de la edificación (ver figura 33).

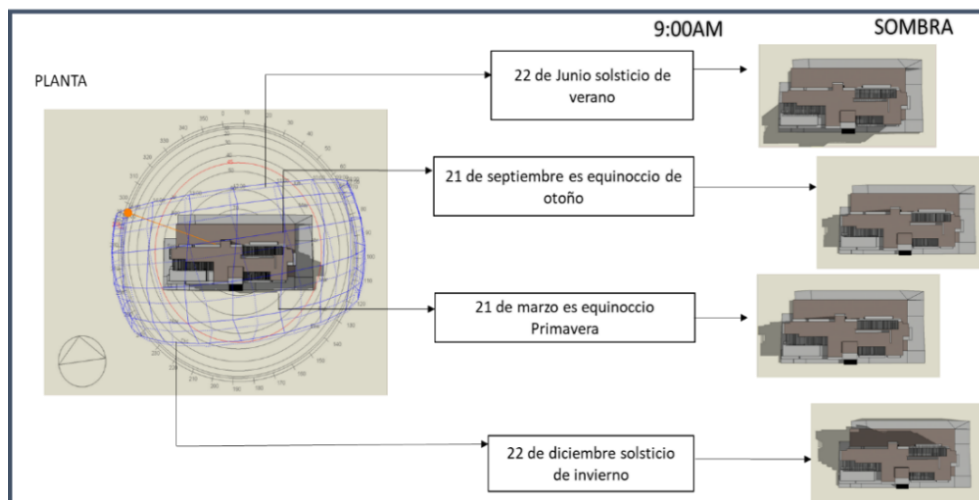


Figura 32. Sombras según la orientación propuesta. Elaboración propia en el software Design Builder. 2021. CC

BY-NC-NA

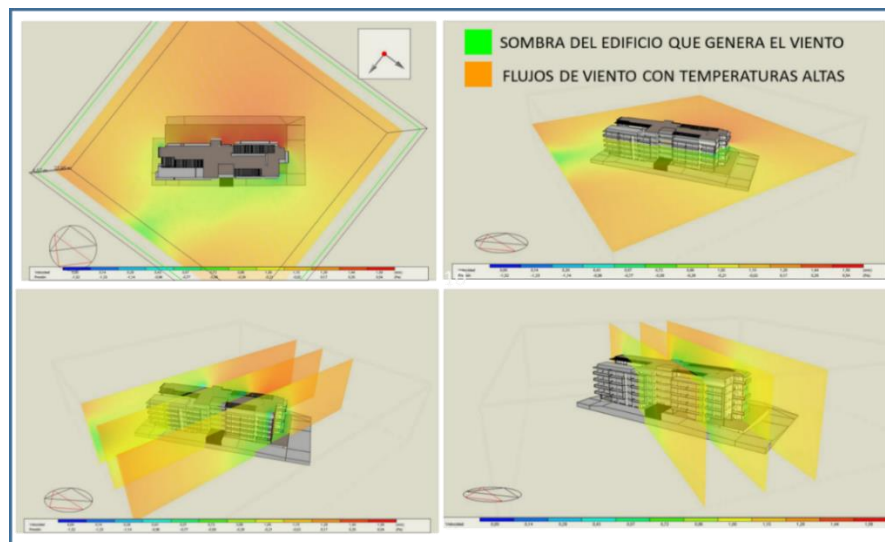


Figura 33. CFD según la orientación propuesta. Elaboración propia en el software Design Builder. 2021. CC BY-

NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

1. Materiales: Los materiales planteados actualmente para el proyecto hotelero, son materiales convencionales y tradicionales. Mientras que para la nueva propuesta se busca implementar materiales locales y eco amigables que contribuyan a reducir la temperatura al interior. En esta estrategia se investigan materiales económicos con características térmicas particulares como el cáñamo, la madera, la guadua, el ladrillo ecológico, el concreto celular, el vidrio reciclado, la piedra natural, los muros verdes y los aislantes térmicos (ver figura 34).

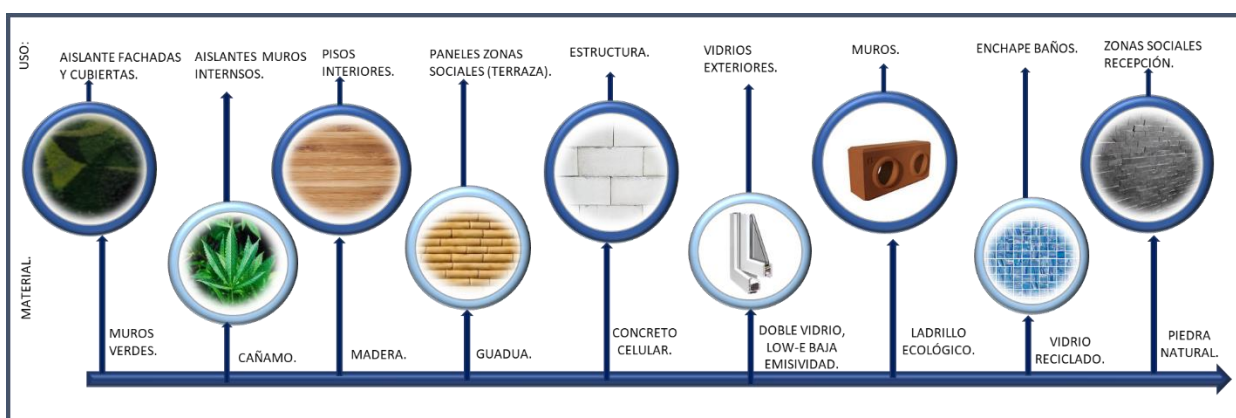


Figura 34. Nuevos materiales propuestos. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

A su vez, estos materiales, al encontrarse en la región y/o fabricarse in situ, no requieren de procesos de transporte y favorecen el empleo local teniendo en cuenta el modelo de *Economía Circular* (figura 35). Este modelo, es una estrategia que implica compartir, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes las veces que sea posible para crear un valor agregado y extender el ciclo de vida de los productos al tiempo que se reducen los residuos al mínimo (Parlamento Europeo, 2021). En adición, estimula la competitividad, la innovación y el desarrollo económico local. Así mismo, teniendo en

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

cuenta los objetivos de economía circular y sostenibilidad para las próximas décadas, algunos estudios²² estiman que se dará un incremento de aproximadamente el 12% en el empleo previsto para 2028 (ESUE - Escuela de Unidad Editorial, n.d.).



Figura 35. Glosario ambiental: ¿Qué es la economía circular? 2018. WWF- Colombia. CC BY-NC-NA.

1.1 Muros verdes: más allá del componente decorativo, estos muros actúan como un sistema de aislamiento natural, amortiguando el ruido exterior, y regulando la temperatura de los interiores. Lo cual disminuye el consumo de los sistemas de climatización. Los expertos han comprobado que implementar estos jardines en los techos o fachadas

²² *Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo 2018* (OIT) donde se prevé que seis millones de empleos pueden ser creados gracias a la transición hacia una economía circular.

Las 10 profesiones emergentes (Educaweb), basado en el Informe Empleos Emergentes 2020 (LinkedIn); Jobs of the Future Index: First Annual Review (Cognizant); y 2020 Global Health Care Outlook (Deloitte).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

reduce la temperatura operativa entre un 25 % y un 50 % y mejora la calidad del aire (Arquitectura Mendoza, n.d.).

- 1.2 Cábano: Este material presenta un excelente comportamiento como aislante térmico y acústico al ser un material de masa térmica, el cual permite almacenar calor proporcionando inercia en función de los cambios de temperatura en un lugar determinado. Es un vegetal rápidamente renovable y reciclable al 100%. Las mantas de cáño tienen una conductividad térmica de entre 0,040 y 0,045 W/m², por lo que se acerca a la capacidad aislante de otros aislamientos convencionales, además de ser, ecológicamente, una estrategia de retención de CO₂ (Galindo, n.d.).
- 1.3 Madera: La construcción en madera necesita de menos energía que una convencional, supone un menor impacto ambiental y menor huella de carbono. Además, derribar un edificio de madera es mucho más sencillo y rápido, y los residuos sobrantes se pueden reutilizar. Se estima que con la construcción de casas de madera se puede conseguir un ahorro de entre el 50 y el 60 % del consumo anual en calefacción y aire acondicionado, ya que la madera no es un puente térmico, sino un aislante, lo que hace que la vivienda se mantenga fresca durante el verano y templada en invierno, consiguiendo así una mayor eficiencia energética (Arquitectura Sostenible, n.d.).
- 1.4 Guadua: Este material crece en condiciones específicas climáticas tropicales de temperatura cálida templada, lo que la hace un material local. Es utilizada en la construcción por sus buenas propiedades físicas y técnicas, tanto que desde la época prehispánica (con la especie nativa “La guadua Angustifolia”), fue protagonista en la

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

construcción de la vivienda de pequeñas poblaciones y zonas periféricas de las ciudades (Cassandro Cajiao, 2017).

- 1.5 Concreto celular: es un tipo especial de material de construcción liviano que se produce en forma de bloques o paneles utilizados para construcción de edificios residenciales o comerciales. Una de las características más especiales de este material es su alto valor de aislamiento térmico. Así mismo, la efectividad de los muros sólidos para reducir el sonido transmitido es proporcional al peso del muro, es decir, entre más liviano sea un muro más aislamiento acústico proporciona, teniendo en cuenta la distribución uniforme de vacíos para poder aislar las frecuencias altas y bajas (Silva, n.d.).
- 1.6 Doble vidrio low-e baja emisividad: Por comparación, el vidrio común (sin Low-E) posee una emisividad de 0,84 mientras que en el Low-E la emisividad es de solamente 0,15. Esto significa, que sólo el 15 % del calor absorbido por el vidrio es re-emitido. Por otro lado, el revestimiento Low-E refleja la radiación de calor de longitud de onda larga generada por los elementos que se encuentran en el interior de los ambientes de un edificio. Esto representa beneficios tanto en climas fríos como cálidos, ahorrando energía de calefacción y/o refrigeración (VASA, n.d.).
- 1.7 Ladrillo ecológico: Son ladrillos contruidos con materiales que no degradan el medio ambiente y se pueden fabricar en sitio con materia primar local. En este sentido, su fabricación es más respetuosa con el medio ambiente frente a los ladrillos habituales. Este material, reaprovecha la ceniza del carbón, el plástico usado y convierten la humedad ambiental en agua o utilizan materiales naturales como el cáñamo o la paja (EcuRed, n.d.).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

1.8 Piedra natural: es un material de construcción sostenible que aporta numerosos beneficios, siendo el revestimiento natural más eficiente para cualquier proyecto arquitectónico. Entre estos beneficios están: su durabilidad, su reutilización y su inercia térmica debido a su gran masa (Kg/m^3) proporcionando un importante ahorro en calefacción y refrigeración. Además, se caracteriza por su aislamiento acústico y su seguridad contra incendios.

1.9 Vidrio reciclado: el reciclaje de vidrio consiste en un proceso para recuperar los desechos de vidrio. Para ello, existen dos métodos principales: el primero es el proceso de lavado y posterior reutilización del envase. El otro es el proceso de lavado, trituración y fundición del material para crear nuevos productos. El vidrio es un material excelente para ser reciclado puesto que, puede ser reciclado en un 100%. Por otro lado, puede ser reciclado infinitas veces y además mantiene todas sus propiedades (Recytrans, 2013).

Una vez seleccionados los materiales, se comparan los valores de transmitancia térmica (valor R) y conductividad (valor u) de los materiales del modelo actual con los elegidos para el modelo propuesto, los cuales suponen un menor impacto ambiental (ver figura 36). Estos valores fueron tomados de los registros que encontrados en el software Design Builder.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena


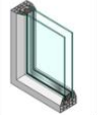












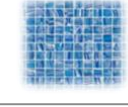




MATERIALES 1 ACTUAL LINEA BASE				MATERIALES 2 MEJORAS				MATERIALES 2 MEJORAS			
MATERIAL	IMAGEN	VALOR U W/M2 K TRANSMITANCIA	VALOR R W/M2 K CONDUCTIVIDAD	MATERIAL	IMAGEN	VALOR U W/M2 K TRANSMITANCIA	VALOR R W/M2 K CONDUCTIVIDAD	MATERIAL	IMAGEN	VALOR U W/M2 K TRANSMITANCIA	VALOR R W/M2 K CONDUCTIVIDAD
VIDRIO 4 MM CLARO		5.77	81.9	VIDRIO DOBLE CON CAM DE 13 (MM) DE ARG		2.511	81.9	CIELO RASO MADERA, AISLANTE EN CAÑAMO, CONCRETO, AIRE Y DRYWALL		0.32	3.2
MUROS EN LADRILLO CON PAÑETE EN COSTADOS INTERIOR		1.373	0.728	PARTICIONES LADRILLO CON AISLAMIENTO EN CAÑAMO Y PAÑETE EN LOS DOS COSTADOS		0.353	2.833	CAÑAMO (AISLANTE)		0.169	0.41
PARTICIÓN EN LADRILLO CON PAÑETE EN LOS DOS COSTADOS.		2.83	0.353	MUROS EN LADRILLO CON PAÑETE EN LOS 2 COSTADOS		1.373	0.728	MURO CON RECUBRIMIENTO EN PIEDRA PIEDRA NATURAL Y PAÑETE EN UN COSTADO		4.933	2.2
ENTREPISO - PLACA HORMIGON DENS0		6.796	0.147	PANEL DE GUADUA		3.04	0.41	MUROS VERDES LADRILLO, PAÑETE EN UN COSTADO, GRAVA Y MATERIAL VEGETAL.		4.403	0.227
CUBIERTA CONCRETO Y TEJA		4.384	0.228	ENTREPISO - PLACA HORMIGON CELULAR		4.938	0.203	VIDRIO RECICLADO		5.77	0.8
PISOS EN BALDOSA		5.64	0.177	CUBIERTA VERDE CONCRETO, GRAVA Y MATERIAL VEGETAL		4.18	239				
CIELO RASO BALDOSA, AISLANTE EN CAÑAMO, CONCRETO, AIRE Y DRYWALL		0.32	3.2	PISOS EN MADERA		1.016	0.984				

Figura 36. Comparaciones materiales del modelo actual con materiales propuestos. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Al comparar los materiales del modelo actual con la nueva propuesta, se observa que en el modelo propuesto hay una reducción en la temperatura promedio al interior de $0,45^{\circ}\text{C}$ en todo el edificio como se muestra en la figura 37. La temperatura máxima se reduce en $0,45^{\circ}\text{C}$ y la mínima en $0,36^{\circ}\text{C}$.

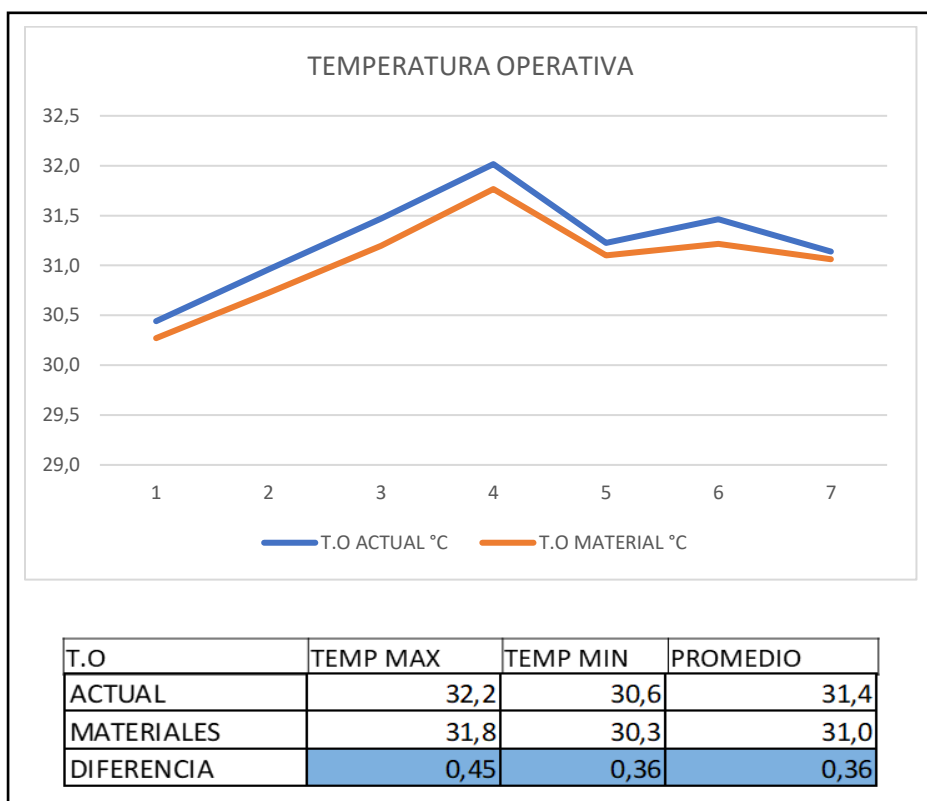


Figura 37. Temperatura operativa general con la estrategia de materiales. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Por otra parte, en el primer piso la temperatura promedio se redujo en $0,31^{\circ}\text{C}$, en el tercer piso la reducción fue de $0,72^{\circ}\text{C}$, en el quinto piso de $0,87^{\circ}\text{C}$ y en la terraza alcanzó a bajar $1,1^{\circ}\text{C}$ (figura 38).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

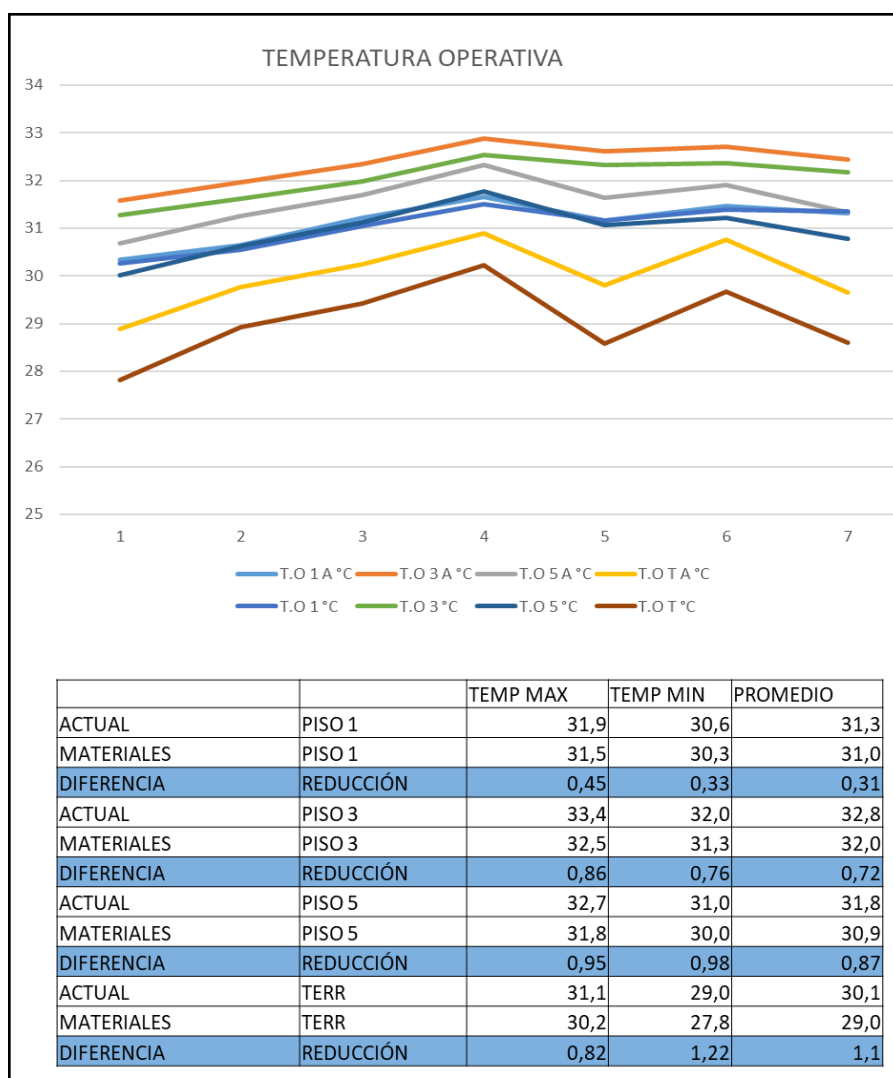


Figura 38. Temperatura operativa por pisos con la estrategia de materiales. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-

NA

- 2. Diseño y sombreado:** con propósito de reducir la temperatura interior del proyecto hotelero, se adicionan elementos de sombreado como lo son los balcones y se realizan sustracciones en el diseño de las fachadas. También se plantea el uso *lamas móviles* en ventanas, las cuales se adaptan a las variaciones climáticas a lo largo del día mediante la reorientación de la luz natural por efecto de celosías móviles (Giménez Ganga, 2019). Esto

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

permite controlar las ganancias de calor hacia el interior y por ende el consumo energético de la edificación.

Las lamas móviles, las cuales están diseñadas con una inclinación de 15° , protegen los espacios interiores de la radiación solar sin interrumpir la entrada de luz natural. Dentro de sus especificaciones técnicas, se encuentra que tienen espaciamiento vertical de 0.30 m, una distancia desde la ventana de 0.05 m y una profundidad de 0.2 m. En la figura 39, se muestra como es esta entrada de luz durante el 21 de marzo (equinoccio) y el 22 de junio (solsticio) tanto en la mañana (9:00 am), como en la tarde (3:00 pm). En este caso, se evidencia que los rayos de luz que ingresan por la ventana, caen al piso de madera y se reflejan hacia la cubierta o placa superior mediante “efecto rebote”. Esto facilita la iluminación uniforme del espacio sin generar radiación directa a los usuarios.

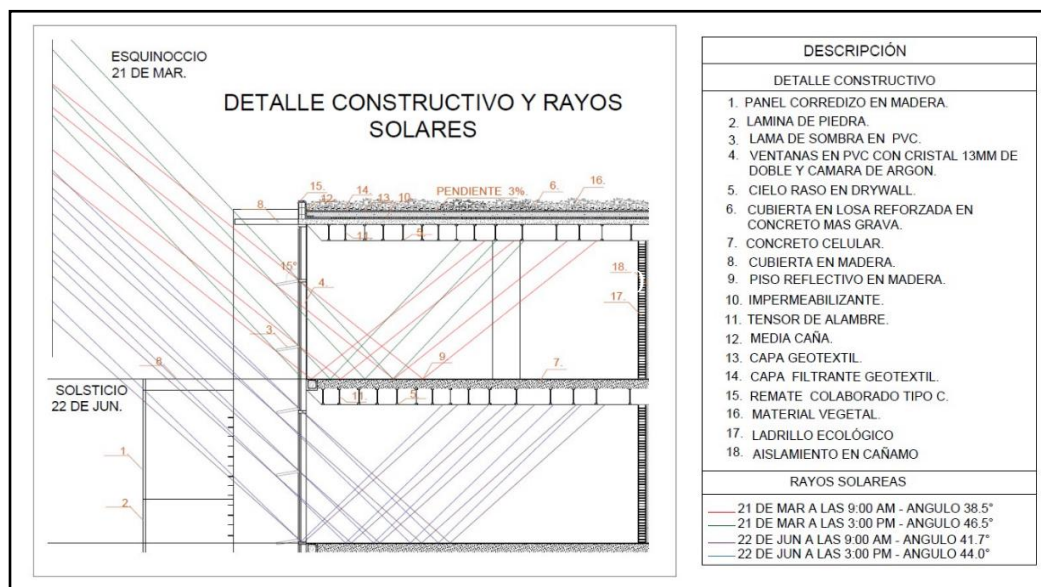


Figura 39. Detalle entrada de luz solar de acuerdo a lamas. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

En adición, sabiendo que en el modelo de confort adaptativo, los ocupantes deben tener el control de los sistemas de acondicionamiento, y las condiciones térmicas del edificio deben ser reguladas principalmente a través del control de las ventanas (Turner et al., 2010), se proponen *paneles corredizos*. En estos paneles, las hojas se deslizan de forma horizontal por un riel, por lo que no ocupa espacio adicional al abrirse y se puede manipular manualmente (Homecenter, n.d.).

Por otro lado, se formulan jardines en el primer piso para disminuir la temperatura en los pisos superiores a este. Como parte de la estrategia de diseño, se proponen vacíos centrales que permitan el efecto chimenea para la renovación de aire. De forma semejante, se aumenta el espacio de hall para favorecer la ventilación cruzada en él. Por último, se incluyen nuevas ventanas y se amplían las existentes en el diseño para incrementar la iluminación natural (ver figura 40).



Figura 40. Diseño y sombreado propuestos. Elaboración propia en el software Design Builder. 2021.

CC BY-NC-NA

En efecto, al implementar estas mejoras en el diseño y protección solar, la temperatura máxima se reduce en 3,5° C en todo el edificio como se evidencia en la figura 41, la temperatura mínima en 3,4 °C y la temperatura promedio en 3,2 °C.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

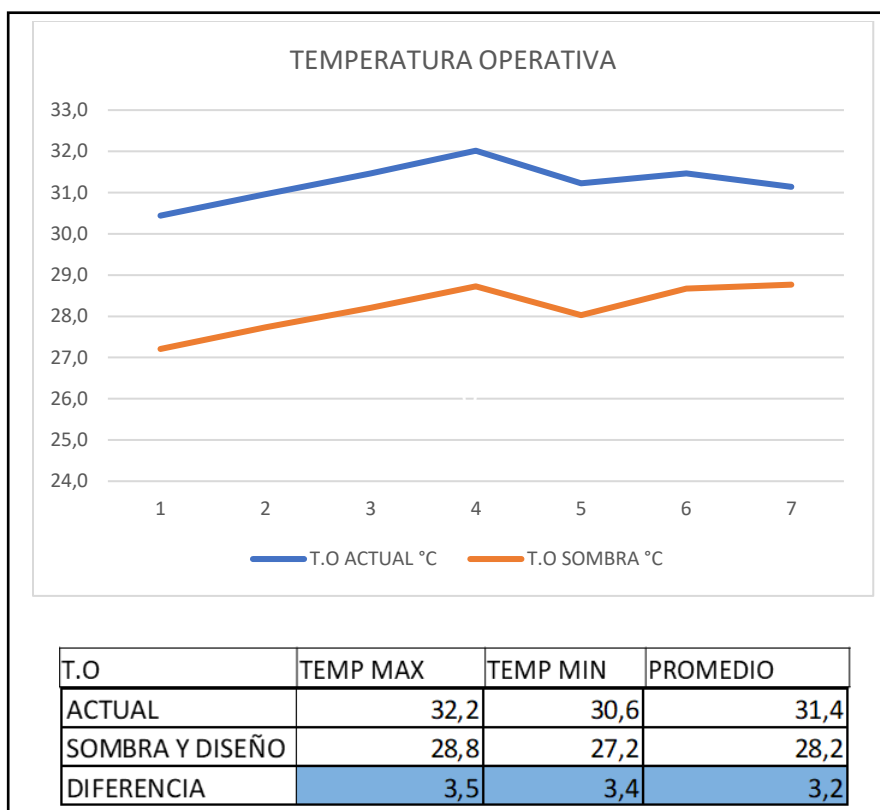


Figura 41. Temperatura operativa general con estrategia de diseño y sombreado. Elaboración propia. 2021. CC BY-

NC-NA

En el primer piso, esta reducción promedio fue de 3,55° C, en el tercer piso la temperatura bajó 4,9° C, en el quinto piso disminuyó 3,5° C y en la terraza 2,3° C. Siendo esta la estrategia con mejores resultados obtenidos para mejorar la temperatura operativa del proyecto hotelero (figura 42).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

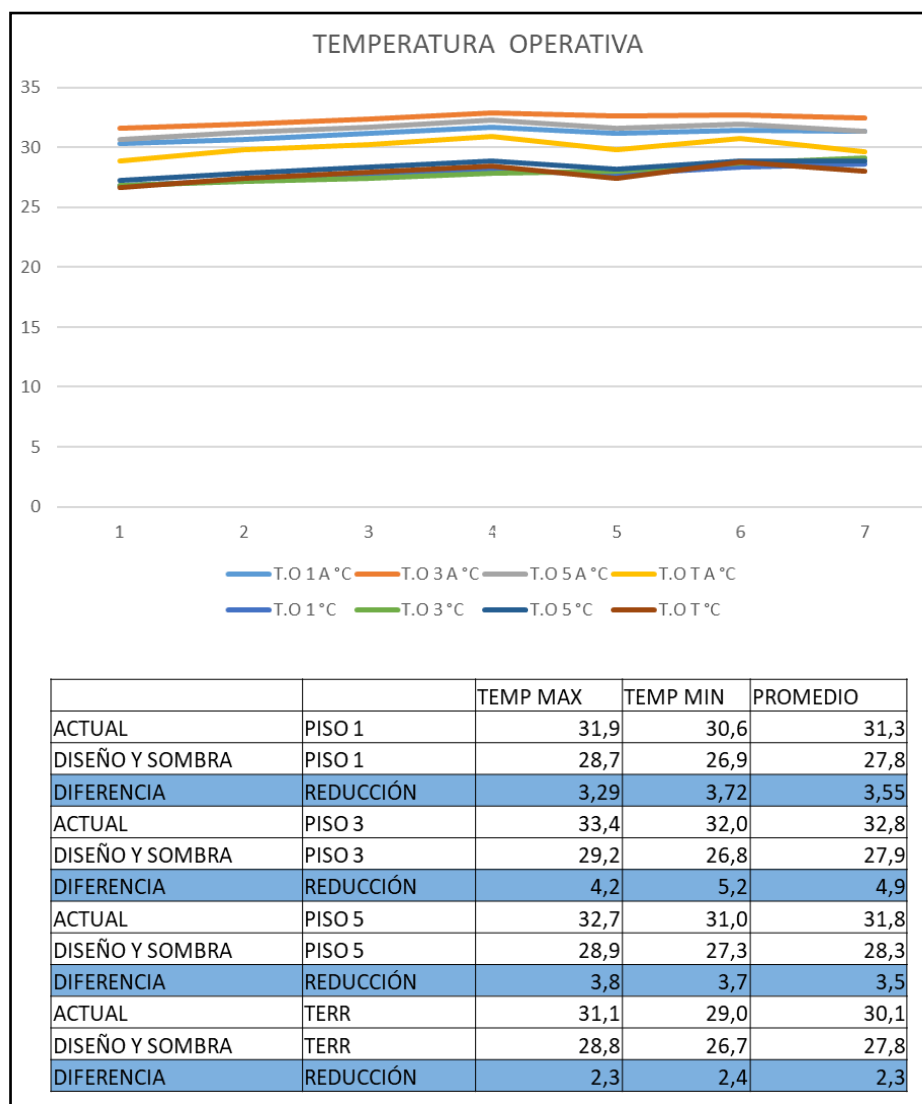


Figura 42. Temperatura operativa por pisos con estrategia de diseño y sombreado. Elaboración propia. 2021. CC

BY-NC-NA

Síntesis temperatura: En general, la aplicación de cada una de las estrategias pasivas, consiguió reducciones de las temperaturas operativas (ver figura 43). Sin embargo, se evidencia que la que tuvo mejores resultados, fue la tercera estrategia relacionada con el diseño y sombreado. En este caso, la reducción promedio es de 3,3 °C, reducción que proyecta un mejor confort al

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

interior del hotel, lo que a su vez admite reducir el uso aire acondicionado, disminuir la luz en el día y aumentar la renovación de aire.

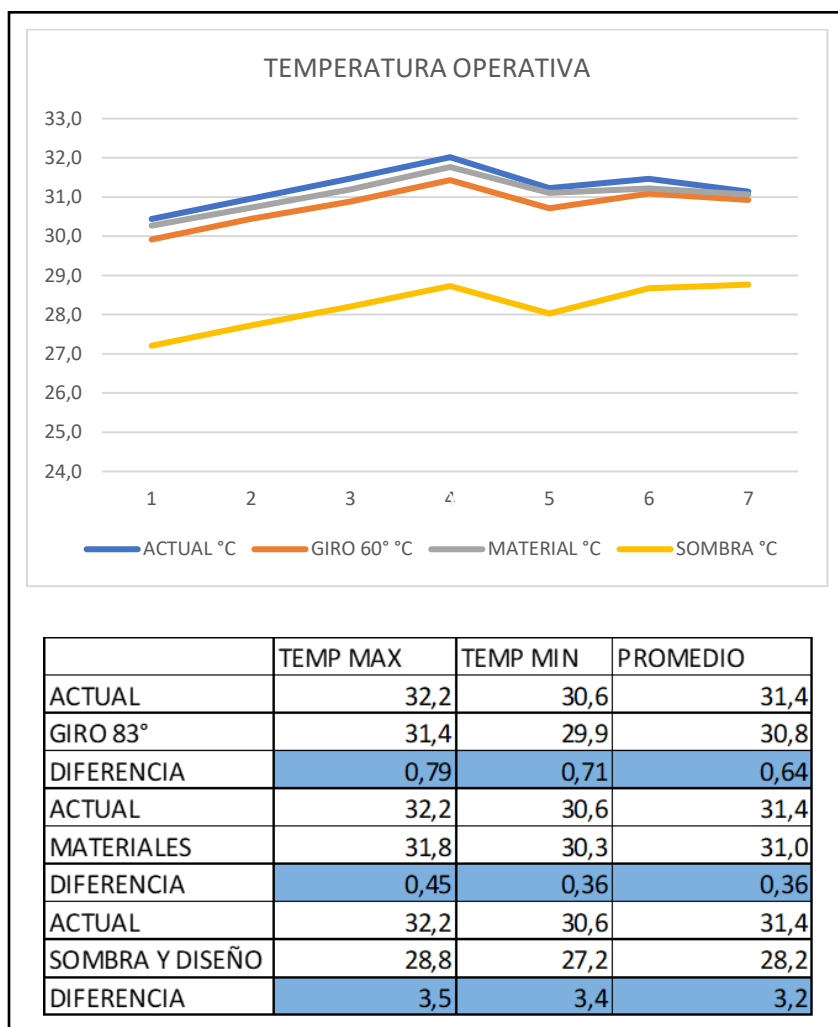


Figura 43. Síntesis de resultados de aplicación de cada estrategia. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Parámetro 2 -Iluminación Natural

Como se mencionó anteriormente, se gira el modelo 83° desde el oriente. Es decir, la propuesta se rota a una orientación norte disminuyendo la radiación solar. En este sentido, se amplían las dimensiones de las ventanas en la fachada y se cambia el vidrio sencillo de 4mm por uno doble de

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

6 mm con cámara de argón 10 mm. De igual modo, se le agregan elementos de sombra y lamas en ventanas para eliminar el deslumbramiento y con ello se contribuye a generar una iluminación más uniforme y continua en las habitaciones.

Mediante la simulación de iluminación, se compara el modelo actual con el modelo final. En este caso, se encuentra que, en general gracias a las estrategias pasivas propuestas, se contribuye en la mitigación del deslumbramiento; así como también, se logra una iluminación constante y apropiada para el uso de hotel. Adicionalmente, a diferencia de los pisos 3 y 5, se halla que el primero es el que cuenta con mayor iluminación natural (ver figura 44).

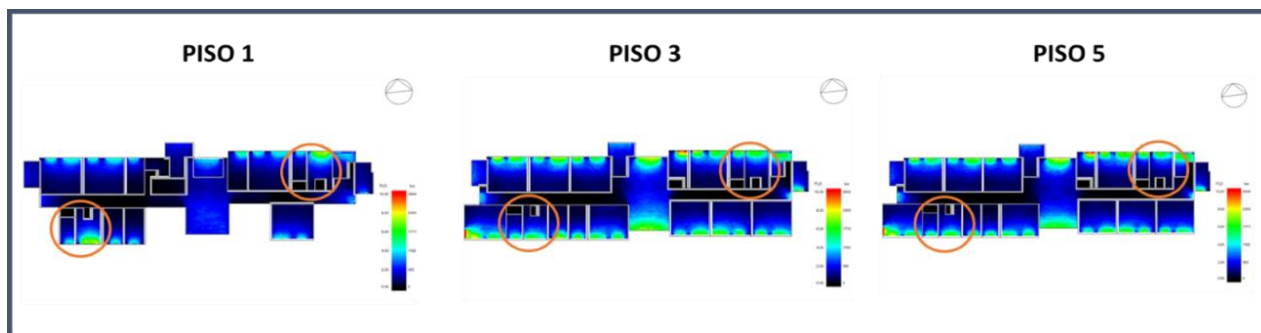


Figura 44. Comparación del modelo final con el modelo actual suites 113, 313 y 513. Elaboración propia .2021. CC

BY-NC-NA

Por otra parte, se realizan variaciones en el diseño interior del proyecto seleccionado. Como primera instancia, se gira el baño social. Acto seguido, se desplaza la cocina hacia la ventana para una mayor iluminación de la misma (ver figura 45). Como resultado de estos cambios, el proyecto cumpliría con la norma de RETILAP, en donde la habitación garantiza 0,5% de iluminación en $\frac{3}{4}$ de profundidad del espacio. La cocina, la cual en la mitad del ancho del recinto debe garantizar 2 % de iluminación también cumple y para la zona social (sala- comedor) garantiza en la mitad del

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

ancho, el 1% de iluminación. Lo anterior, teniendo en cuenta que el porcentaje máximo recomendado por la norma es 7 %.

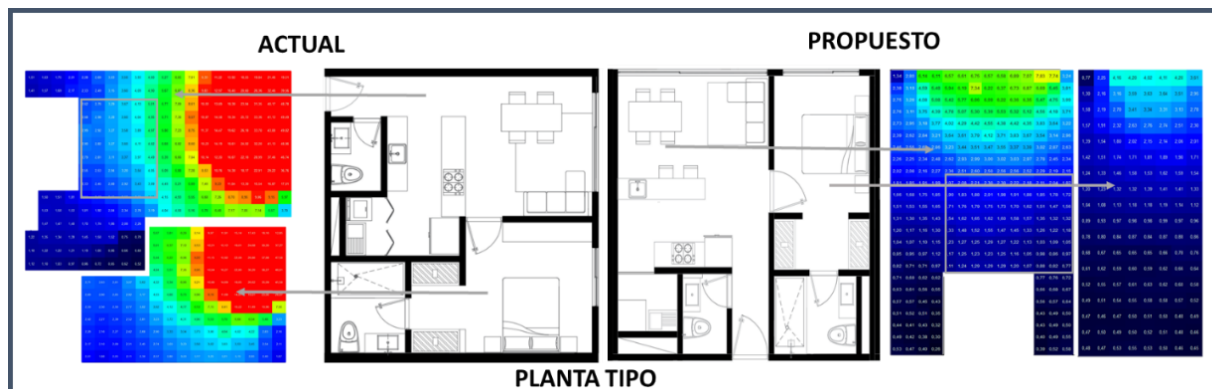


Figura 45. Diseño modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Como se observa en la figura 46, la zona social de la aparta suite No. 06 en los pisos uno, dos y tres con fachada norte, tiene hacia la parte de la ventana 6,48% de iluminación natural. De la misma manera, en la profundidad del espacio llega a 1,30 % de iluminación. Estos porcentajes, mejoran el confort lumínico al interior y cumplen con lo establecido en la norma RETILAP. En cuanto a la zona más privada de la aparta suite, se obtiene 4,16% de iluminación hacia el costado de la ventana y en la profundidad del espacio 0,55%. Esto indica una buena iluminación ya que lo mínimo por cada habitación es de 0,5% de iluminación en $\frac{3}{4}$ de profundidad del espacio.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

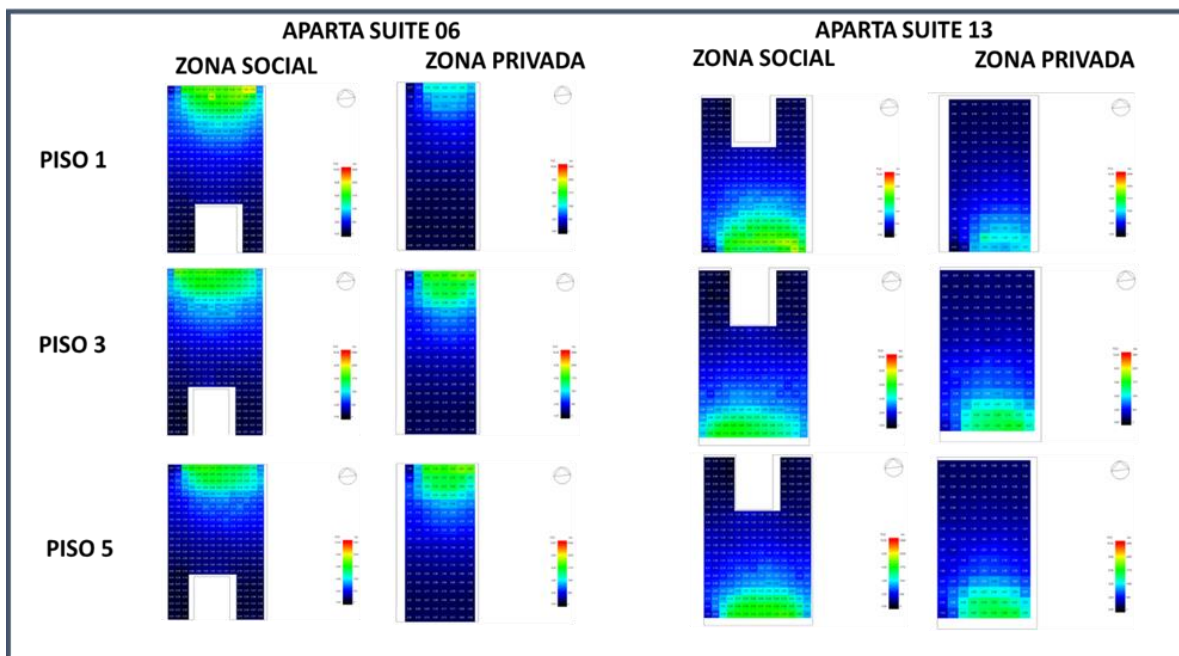


Figura 46. Comparación del modelo final con el modelo actual aparta suites 06 y 13 en los pisos 1, 3 y 5.

Elaboración propia en Design Builder .2021. CC BY-NC-NA

En adición, el factor luz día en el piso 1 se reduce a 7,6%, en el piso tres disminuye 7,19 % y en el quinto piso este valor es de 6,86%. Lo anterior significa que el resultado del modelo propuesto es favorable, puesto que elimina el alto deslumbramiento y genera una iluminación adecuada, permitiendo a su vez ejecutar eficientemente las diferentes actividades. De forma semejante, el coeficiente de uniformidad aumenta 0,2 en el piso uno, en el piso tres el incremento es de 0,11 y en el piso cinco de 0,10.

La iluminación de la aparta suite No. 13 en los pisos uno, dos y tres con fachada sur, posee hacia la parte de la ventana de la zona social 5,27% y 1,44 % en la profundidad del espacio. Igualmente, en la zona privada presenta 3,68% de iluminación en el costado de la ventana y en la

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

profundidad del espacio tiene 0,70%. Dicho esto, el factor luz en el piso 1 disminuye su porcentaje a 1,7%, en el piso tres se reduce 1,11 % y en el quinto piso a 1,11%. Mientras que el coeficiente de uniformidad aumenta en el piso uno 0,20, en el piso tres 0,13 y en el piso cinco 0,12, reafirmando la mejora respecto al modelo actual (ver figura 47).

FLD PROM %			CU (Min/Prom)		
P1 106	ACTUAL	8,9	P1 106	ACTUAL	0,1
	PROPUESTO	1,333		PROPUESTO	0,3165
	DIFERENCIA	7,6		DIFERENCIA	0,2
P1113	ACTUAL	3,249	P1113	ACTUAL	0,1405
	PROPUESTO	1,549		PROPUESTO	0,342
	DIFERENCIA	1,7		DIFERENCIA	0,2015
P3 306	ACTUAL	9,419	P3 306	ACTUAL	0,0905
	PROPUESTO	2,221		PROPUESTO	0,2005
	DIFERENCIA	7,198		DIFERENCIA	0,11
P3 313	ACTUAL	3,2375	P3 313	ACTUAL	0,1265
	PROPUESTO	2,1205		PROPUESTO	0,257
	DIFERENCIA	1,117		DIFERENCIA	0,1305
P5 506	ACTUAL	8,932	P5 506	ACTUAL	0,089
	PROPUESTO	2,064		PROPUESTO	0,194
	DIFERENCIA	6,868		DIFERENCIA	0,105
P5 513	ACTUAL	3,195	P5 513	ACTUAL	0,1265
	PROPUESTO	2,0785		PROPUESTO	0,254
	DIFERENCIA	1,1165		DIFERENCIA	0,1275

Figura 47. Síntesis resultados iluminación modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Iluminación natural en días críticos: Dicho lo anterior, también se simula el modelo propuesto por pisos tomando como punto de partida las condiciones más críticas expuestas en el análisis general del clima, en donde se establece que el 13 de septiembre es el día con mayor brillo solar y el 16 de febrero, el día más nublado. Como se observa en la figura 48, los lux son más elevados en día más claro. Sin embargo, en el día más nublado el modelo propuesto sigue cumpliendo con la norma RETILAP.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

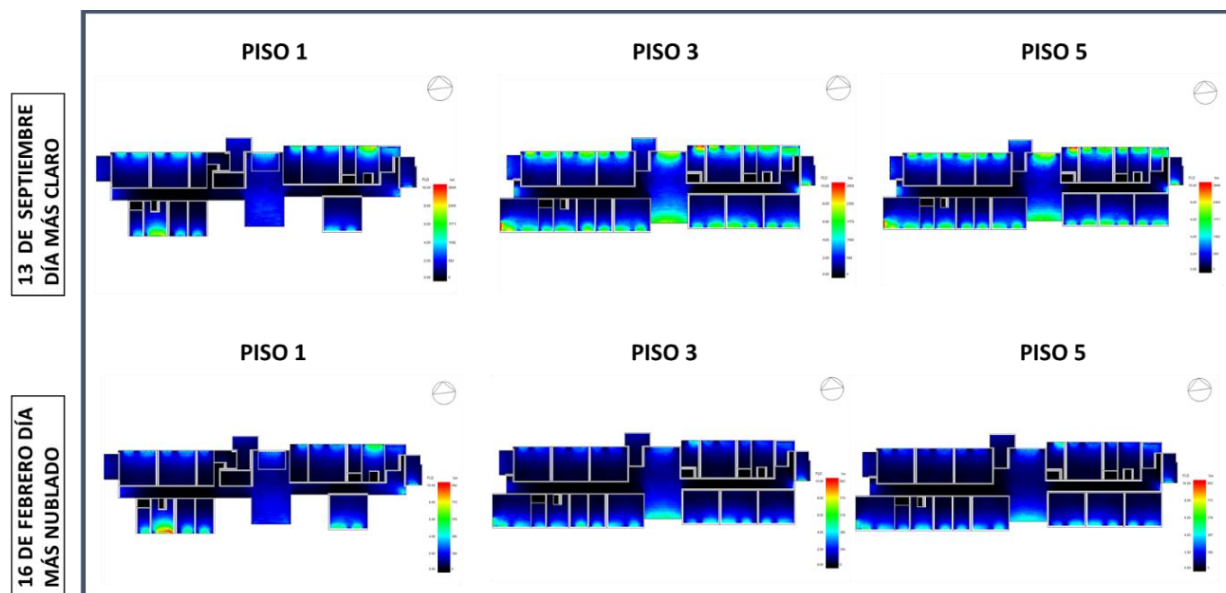


Figura 48. Iluminación natural por pisos modelo actual vs modelo propuesto en condiciones críticas. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Seguido a ello, se realiza el ejercicio de comparación del actual con el propuesto en una aparta suite tipo del primer piso (figura 49). En este caso, se encuentra que en el modelo actual hay un alto deslumbramiento en el día más claro. En cuanto el factor luz día en la aparta suite tipo 106, el modelo actual cuenta con 8.91%, mientras que el modelo propuesto tiene 5,51% de iluminación, es decir, se genera una reducción de 7.58 %, lo que permite un mejor confort lumínico. En el caso del coeficiente de uniformidad promedio en el modelo actual, la aparta suite tiene 0.14 CU y en el modelo propuesto tiene 0.36 CU, mostrando un aumento 0.22 CU. Esto significa que, para el día con más brillo solar, el modelo propuesto cumple con el manual técnico del BREEAM, el cual debe manejar un ratio mínimo de uniformidad de 0,3 CU.

Para el caso del día más nublado, el factor luz día en la aparta suite tipo del modelo actual es de 5.51% y en el modelo propuesto de 1.20%, esto genera una reducción de iluminación de 4.31

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

% y un mejor confort lumínico. Para el coeficiente de uniformidad promedio en la aparta suite del modelo actual, se halla un valor de 0.20, mientras que en el modelo propuesto es de 0.32 CU, mostrando un aumento de 0.12 CU. Esto indica que, en el día de menor brillo solar, el modelo con las estrategias también cumple con el manual técnico del BREEAM (tabla 4).

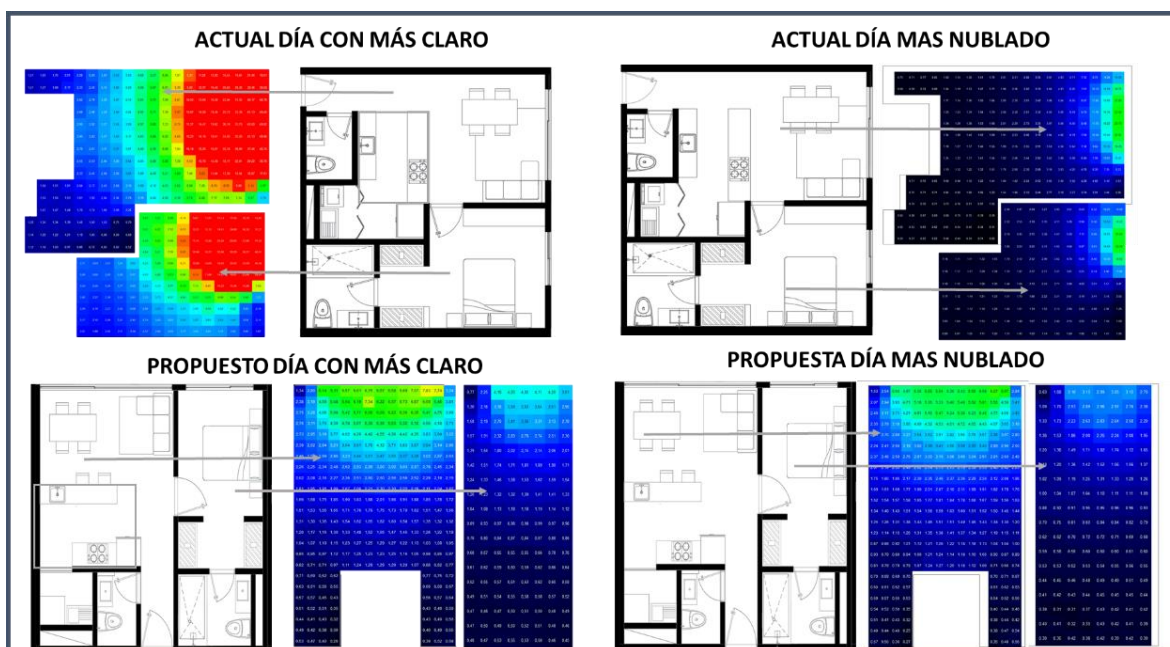


Figura 49. Comparación aparta suite 106 modelo actual con el modelo propuesto en días críticos. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

ILUMINACIÓN	FLD PROM	CU MIN PROM
APARTA SUITE 106 ACTUAL D.C	8.91	0.14
APARTA SUITE 106 PROPUESTO D.C	1.33	0.36
DIFERENCIA	7.58	-0.22
APARTA SUITE 106 ACTUAL D.N	5.51	0.20
APARTA SUITE 106 PROPUESTO D.N	1.20	0.32
DIFERENCIA	4.31	-0.12

Tabla 4. Síntesis resultados comparación iluminación modelo actual vs modelo propuesto en días críticos.

Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Por último, se compara la iluminación del día más claro con el día más nublado por cada uno de los modelos. Esto con el fin de identificar el comportamiento tanto del modelo actual como del modelo propuesto en los días de condiciones extremas (tabla 5).

ILUMINACIÓN	FLD PROM	CU MIN PROM
APARTA SUITE 106 ACTUAL D.C	8.91	0.14
APARTA SUITE 106 ACTUAL D.N	5.51	0.20
DIFERENCIA	3.41	-0.07
APARTA SUITE 106 PROPUESTO D.C	1.33	0.36
APARTA SUITE 106 PROPUESTO D.N	1.20	0.32
DIFERENCIA	0.13	0.04

Tabla 5. Síntesis resultados comparación iluminación por modelo en días críticos. Elaboración propia .2021. CC

BY-NC-NA

En síntesis, el modelo actual siempre va a tener los porcentajes de iluminación más elevados que el modelo propuesto. Esto se debe a que las estrategias pasivas implementadas, logran una reducción del deslumbramiento al interior de las aparta suites. De forma que, el modelo propuesto cumple con la norma de RETILAP en días con condiciones extremas ya que está dentro de los rangos de iluminación establecidos allí. También cumple con el manual técnico del BREEAM, en donde se manifiesta que es necesario manejar un ratio de uniformidad de mínimo 0,3 CU y en el ejercicio realizado los resultados son de 0,36 en cielo claro y 0,32 en cielo nublado.

De acuerdo a lo anterior, cabe resaltar que la carga térmica originada por lámparas es de 15 w x m². De modo que, el software de simulación ya tiene en cuenta esta carga y se activa en el momento en que el ambiente cuenta con 100 luxes y se hace necesaria la luz artificial.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Parámetro 3 -Ventilación Natural

Finalmente, con el objetivo de incrementar el uso de ventilación natural para la mejora de la sensación térmica y renovación de aire, se incluyen vacíos centrales en la propuesta que ayuden a generar efecto chimenea y ventilen el proyecto. Adicionalmente, como se observa en la figura 50, se agranda el espacio de la circulación, pasando de 1.20 m en el modelo actual a 1.80 m en el modelo propuesto. Esto con el fin de aumentar la velocidad cruzada en los espacios de uso común (circulaciones). Además de ello, en la terraza se eliminan los muros dando paso a mejor ventilación y disfrute del aire libre en el proyecto y se desplaza la ubicación de los puntos fijos para la creación de ventanas hacía los extremos de la circulación. Por último, se abren jardines exteriores los cuales admiten mayor renovación del aire al interior.



Figura 50. Comparación del diseño modelo actual vs diseño modelo propuesto. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Una vez realizados los cambios en el diseño, en la figura 51 se plantean los resultados de la renovación de aire y ventilación en los principales espacios del proyecto. De este modo, la renovación de aire se calculó de acuerdo a los valores indicados en del estándar ASHRAE 62. No obstante, para la propuesta, se busca tener una renovación de aire mayor a la mínima establecida en dicho estándar, teniendo en cuenta la actividad y el flujo de personas de un hotel. En este sentido, en las aparta suite tipo del modelo propuesto se da una renovación de 5.25 r/h, es decir, aumenta en 4,05 r/h respecto al modelo actual. En cuanto a las circulaciones, este resultado incrementa a 9,5 r/h, señalando 8.6 r/h más que en el modelo con el diseño actual (figura 52).

ZONAS PRINCIPALES MODELO ACTUAL										
V CALCULO DE AIRE EN EL ESPACIO	RP FLUJO EXTERIOR POR PERSONA	PZ NUMERO DE PERSONAS EN LA ZONA PARA VENTILAR	Ra FLUJO EXTERIOR REQUIRIDO POR AREA	A2 AREA DE LA ZONA	VOLUMEN M3	RESULTADO L/S	M3/ H	RENOVACIONES	RENOVACIONES SIMULADAS DESING BUILDER	
UNIDADES	L/S PERSONAS	UNIDAD	L/S M2	M2						
RECEPCIÓN LOBBIE	3,8	10	0,3	23,69	71,07	45,107	162	2,28	1,5	
BAÑOS	2,5	4	0,3	6,84	20,52	12,052	43	2,11	2,01	
ADM	2,5	2	0,3	23,33	69,98	11,9975	43	0,62	1,6	
CAFETERIA	2,5	10	0,9	47,39	142,17	67,651	244	1,71	2,05	
APARTA SUITE 06	2,5	3	0,3	45,30	135,90	21,09	76	0,56	1,2	
APARTA SUITE 013	2,5	3	0,3	45,30	135,90	21,09	76	0,56	1,2	
SALA DE EVENTOS	2,5	30	0,3	45,62	136,86	88,686	319	2,33	1,5	
ZONA DE LAVADO	2,5	3	0,6	28,64	85,92	24,684	89	1,03	0,03	
COCINA	3,8	5	0,6	39,70	119,10	42,82	154	1,29	2,5	
RESTAURANTE	3,8	100	0,9	167,67	503,01	530,903	1.911	3,80	1,5	
GYM		10	1,5	24,26	72,78	36,39	131	1,80	2	
CIRCULACIÓN HALL		100	0,3	122,49	367,47	36,747	132	0,36	0,9	
ZONAS PRINCIPALES MODELO CON ESTRATEGIAS PASIVAS										
V CALCULO DE AIRE EN EL ESPACIO	RP FLUJO EXTERIOR POR PERSONA	PZ NUMERO DE PERSONAS EN LA ZONA PARA VENTILAR	Ra FLUJO EXTERIOR REQUIRIDO POR AREA	A2 AREA DE LA ZONA	VOLUMEN M3	RESULTADO L/S	M3/ H	RENOVACIONES	RENOVACIONES SIMULADAS DESING BUILDER	
UNIDADES	L/S PERSONAS	UNIDAD	L/S M2	M2						
RECEPCIÓN LOBBIE	3,8	10	0,3	27,75	83,25	46,325	167	2,00	8,56	
BAÑOS	2,5	4	0,3	11,65	34,95	13,495	49	1,39	3,48	
ADM	2,5	2	0,3	16,81	50,43	10,043	36	0,72	3,6	
CAFETERIA	2,5	10	0,9	48,24	144,72	68,416	246	1,70	5,4	
APARTA SUITE 06	2,5	3	0,3	51,83	155,49	23,049	83	0,53	5,25	
APARTA SUITE 013	2,5	3	0,3	51,83	155,49	23,049	83	0,53	5,25	
CUARTO DE CAMARERAS	2,5	8	0,3	15,00	45,00	24,5	88	1,96	5,46	
SALA DE EVENTOS	2,5	30	0,3	50,00	150,00	90	324	2,16	10,2	
ZONA DE LAVADO	2,5	3	0,6	27,46	82,38	23,976	86	1,05	2,2	
COCINA	3,8	5	0,6	45,07	135,21	46,042	166	1,23	8,2	
RESTAURANTE	3,8	100	0,9	140,42	421,26	506,378	1.823	4,33	98	
GYM		10	1,5	46,65	139,95	69,975	252	1,80	8,08	
CIRCULACIÓN HALL		100	0,3	199,42	598,26	59,826	215	0,36	9,5	

Figura 51. Síntesis resultados ventilación natural: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia .2021.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

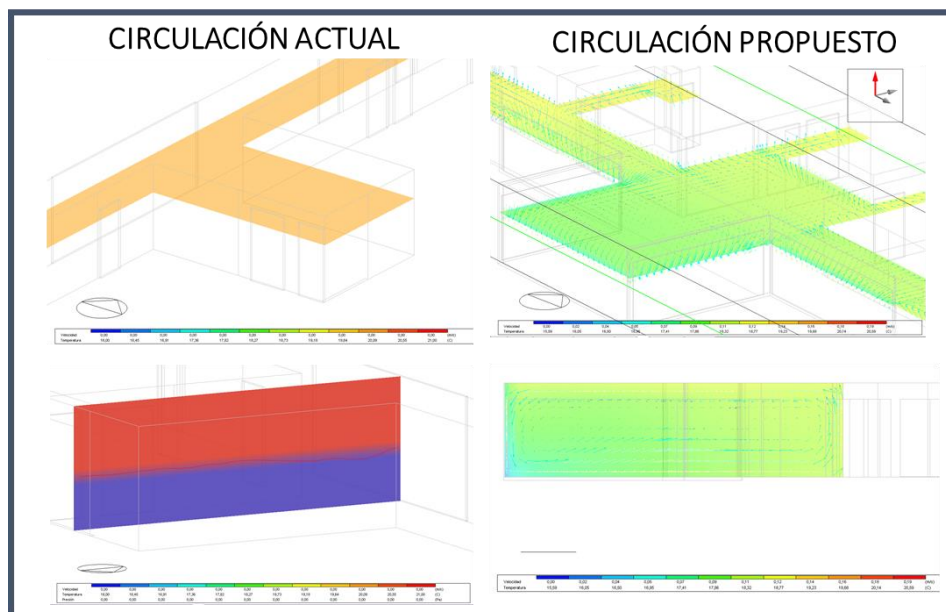


Figura 52. Comparación de la ventilación natural en la circulación del modelo actual vs el modelo propuesto.

Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Continuando con la comparación, se toma como referencia una aparta suite en el tercer piso ya que es un punto medio para analizar la velocidad y la temperatura del aire. En el espacio de la aparta suite 306, como se visualiza en la figura 53, se da una mejor renovación del aire como lo indican los vectores de movimiento. En el modelo propuesto, estos vectores son constantes y recirculan de abajo hacia arriba por todo el espacio generando una ventilación unilateral, la cual se desarrolla de manera eficiente debido al tamaño y abertura de la ventana.

A diferencia de los espacios comunes, en las aparta suite no es posible facilitar la ventilación cruzada, ya que para ello sería necesario implementar ventanas con dimensiones suficientes hacía los pasillos del hotel, las cuales no favorecen la seguridad (contra incendios) y privacidad de los

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

huéspedes. En primer lugar, porque según la **Norma Técnica Colombiana 1700 (Higiene y seguridad, Medidas de seguridad en edificaciones, Medios de evacuación)**, los muros que separan las áreas entre las cuales hay salidas horizontales, deben ser de material de difícil combustión y resistir 2h de exposición al fuego sin que afecte su función. Cualquier abertura en estos muros debe tratarse adecuadamente para impedir el paso del fuego o humo. De manera que, una abertura que imposibilite el paso del fuego, frena también el flujo de la ventilación.

En siguiente lugar, la **Norma Técnica Colombiana 6199**, menciona que en áreas donde los muros estén conformados por ventanales, estos deben llevar marcas visuales a 0.40m del piso para niños a y 0.90m para adultos. Panorama que no beneficia la privacidad de los visitantes.

En cuanto a la temperatura del aire, el promedio oscila entre 18 °C a 20 °C por su alto flujo de aire. Factores como la nueva orientación de la edificación, la cual recibe más aire por la dirección de los vientos que van a 45° en sentido noreste, el cambio en la distribución interior, y aperturas a 50% hacia la derecha en ventanas con rejillas de ventilación, benefician la renovación de aire al interior del proyecto. Esta situación sucede de manera similar en la aparta suite No. 13 del tercer piso (ver figura 54).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

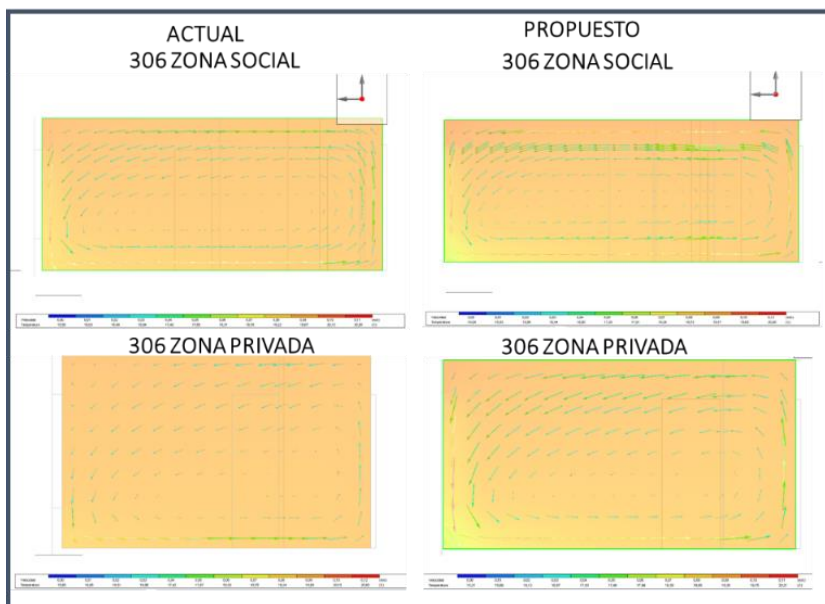


Figura 53. Comparación renovación de aire aparta suite 306: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

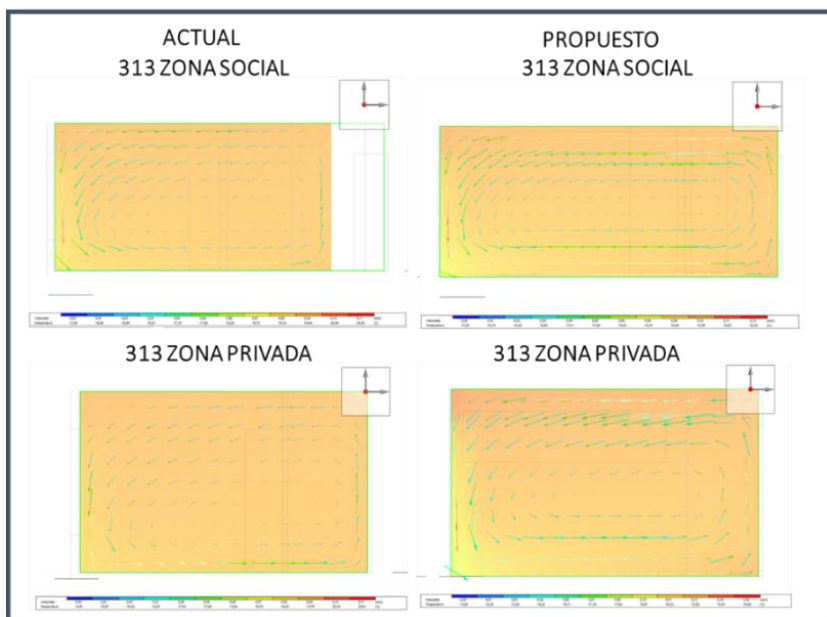


Figura 54. Comparación renovación de aire aparta suite 313: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Etapa 4: Evaluación final

Evaluación general del modelo final: Cuando se suman las tres estrategias (1. Orientación, 2. Materiales y 3. Diseño y sombreado) y se implementan al mismo tiempo en el modelo propuesto, la reducción promedio de temperatura aumenta su valor a 4.3 °C en todo el proyecto (ver figuras 55 y 56).

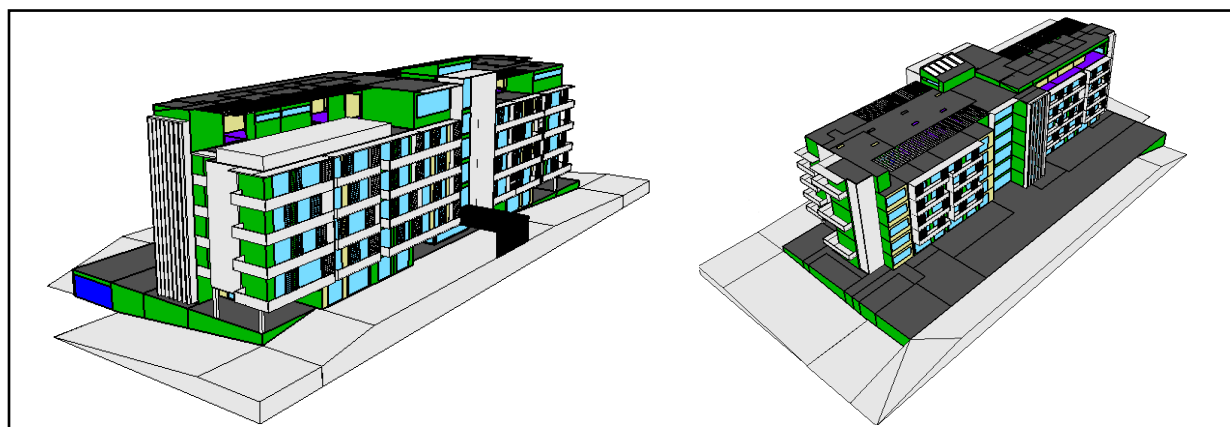


Figura 55. Modelo final. Elaboración propia en Design Builder. 2021. CC BY-NC-NA

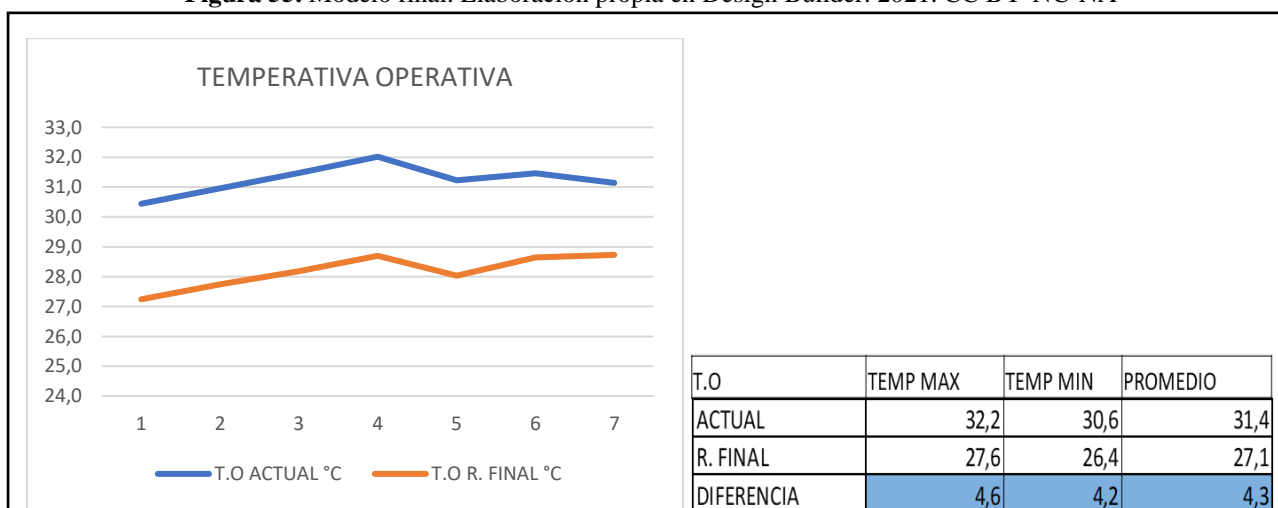


Figura 56. Comparación general del modelo final con el modelo actual. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Luego al confrontar el modelo actual con el modelo final, la temperatura disminuye en el primer piso en 4,7° C, en el tercer piso en 6,6° C, en el quinto piso en 5,2°C y en la terraza en 3,3° C; situación positiva para los niveles de confort al interior (ver figura 57).

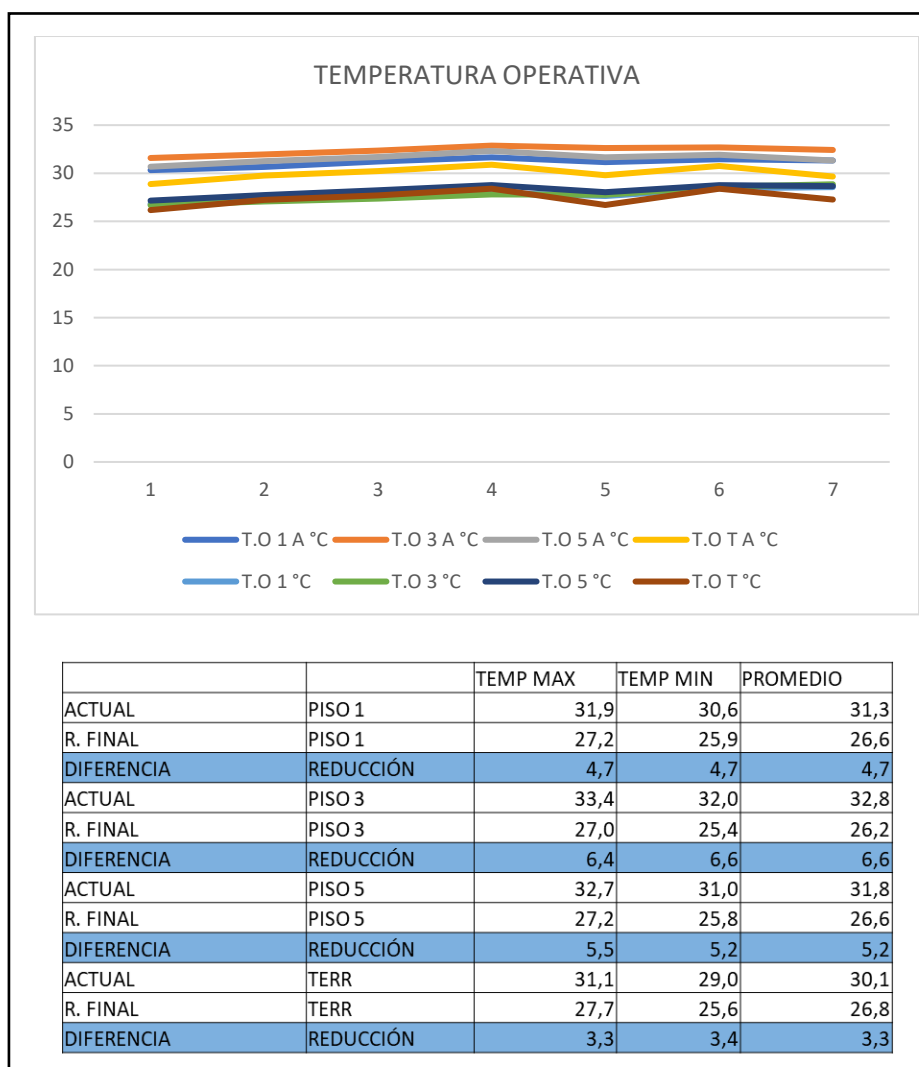


Figura 57. . Comparación por pisos del modelo final con el modelo actual. Elaboración propia .2021. CC BY-NC-

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Continuando con la evaluación final, se revisó el comportamiento térmico por suites, para ello se tomaron como punto de referencia los dos extremos del proyecto. En primer lugar, se elabora una comparación de las suites 106, 306 y 506 (figura 58). Estas se encuentran localizadas en la zona sur-occidente del modelo actual y del modelo final. Al implementar las estrategias pasivas anteriormente mencionadas, se muestra una reducción promedio de $3,7^{\circ}\text{C}$ en la suite 106. $5,8^{\circ}\text{C}$ en la suite 306 y $3,9^{\circ}\text{C}$ en la suite 506 (ver figura 59).



Figura 58. Aparta suite tipo 106, 306 y 506 con mejoras en el diseño y sombreado. Elaboración propia. 2021. CC

BY-NC-NA

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

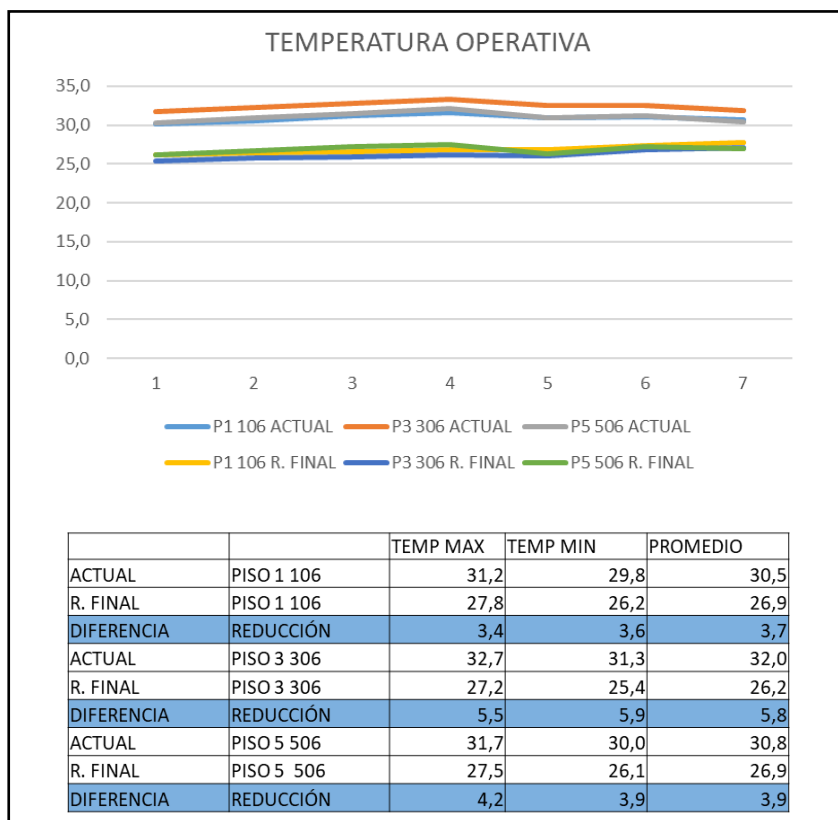


Figura 59. Temperatura operativa aparta suite 106, 306 y 506 con mejoras en el diseño y sombreado. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Posteriormente, Se ejecuta el mismo procedimiento, pero esta vez para las suites 113, 313 y 513 (figura 60), las cuales se encuentran situadas en la zona nor-oriente del modelo actual y del modelo final. Con las estrategias pasivas, como se observa en la figura 61, la suite 113 presenta en promedio una reducción en el primer piso de 5,1° C; en el tercer piso, la suite 313, baja 7,4 °C y en el quinto piso la suite 513 reduce su temperatura 4,8 °C.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena



Figura 60. Aparta suite tipo 113, 313 y 513 con mejoras en el diseño y sombreado. Elaboración propia. 2021. CC

BY-NC-NA

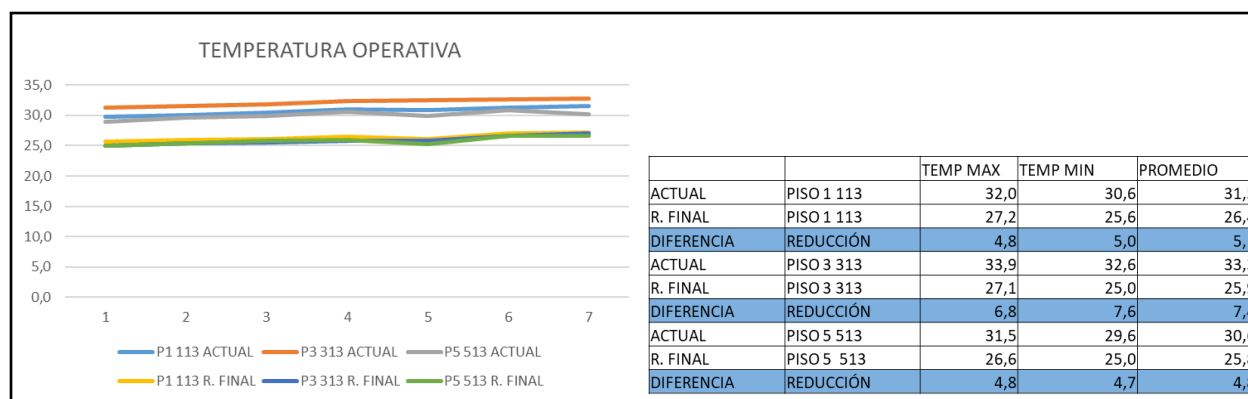


Figura 61. Temperatura operativa aparta suite 113, 313 y 513 con mejoras en el diseño y sombreado. Elaboración

propia. 2021. CC BY-NC-NA

Contribuyendo con las mejoras en la sensación térmica, los nuevos vacíos propuestos y los ajustes realizados en los puntos fijos, permiten que se lleve a cabo el efecto chimenea y la ventilación cruzada en las circulaciones de la edificación, y en las aparta suite, así como ventilación unidireccional en las aparta suite como se expresa en la figura 62. A la vez, esto admite una renovación constante del aire en el interior del proyecto.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

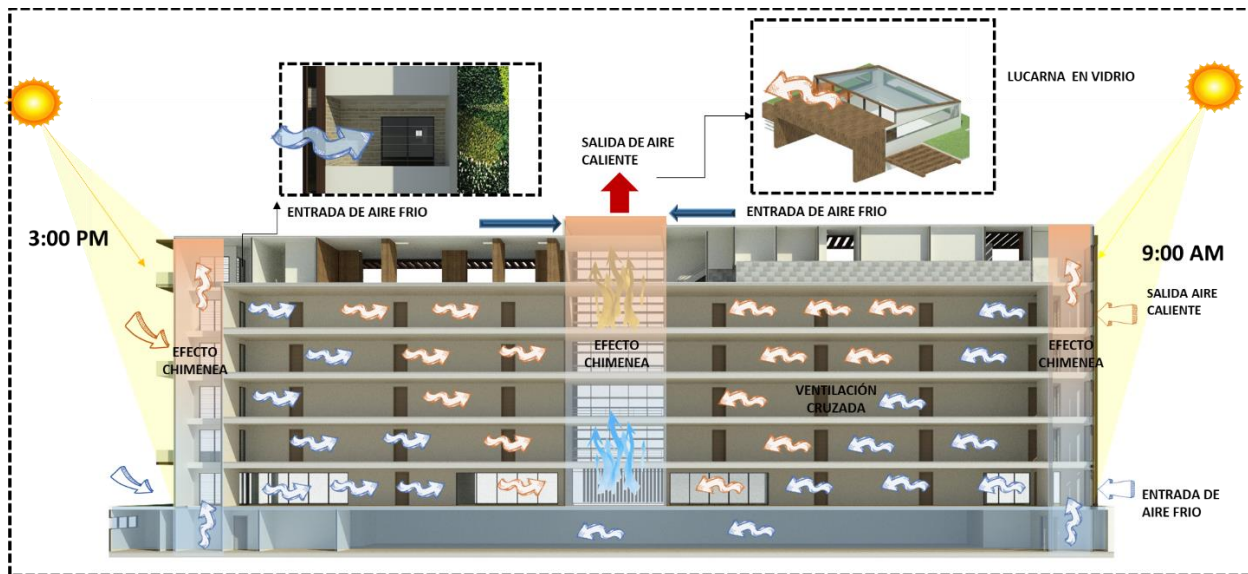


Figura 62. Corte bioclimático longitudinal- modelo propuesto. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Particularmente para beneficiar el efecto chimenea en el hotel, se plantea una lucarna en vidrio que ayuda con la absorción de calor interno hacia el exterior como se muestra en la figura 63. De manera que, el aire que se calienta en el interior del edificio va de abajo hacia arriba hasta salir a través de la ventana lateral del tragaluz.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

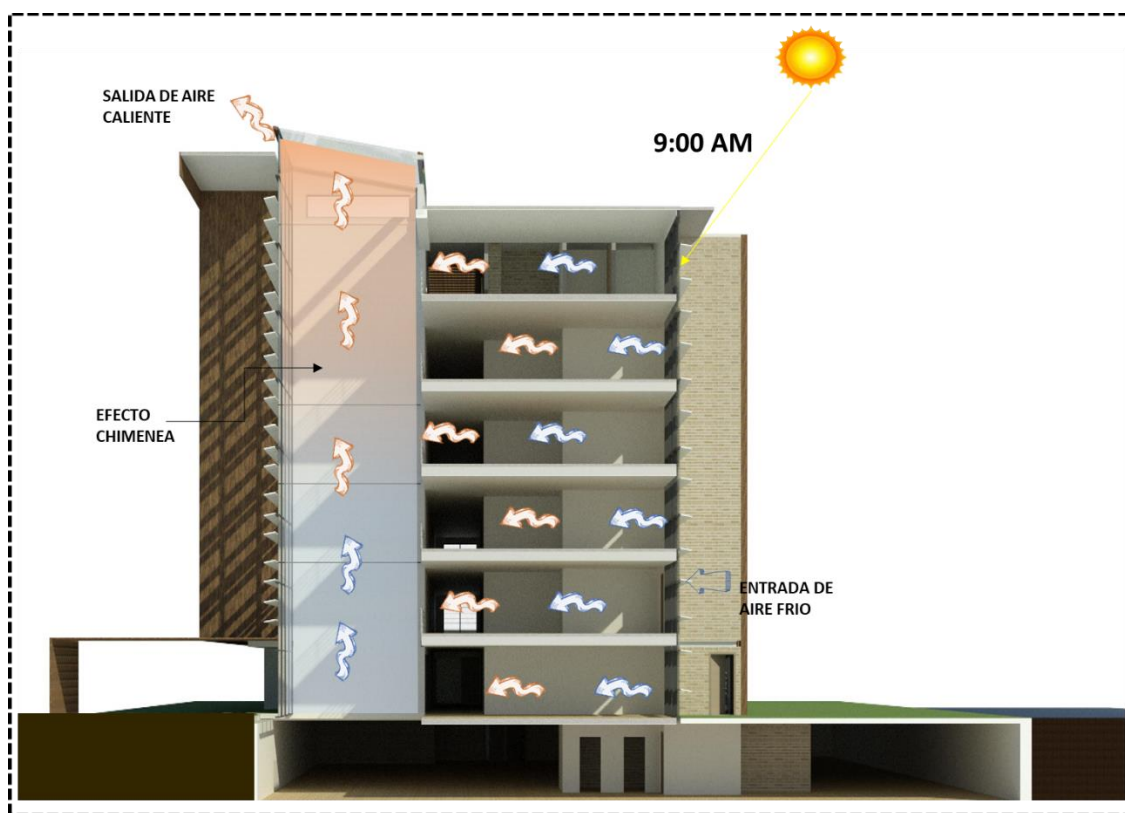


Figura 63. Corte bioclimático transversal- modelo propuesto. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Sumado a lo anterior, pequeños cambios en el diseño como adiciones y sustracciones, la introducción de elementos de sombreado en la envolvente y el remplazo de los materiales convencionales por materiales locales y sostenibles, no solo favorecen la sensación térmica, sino que también el confort lumínico reduciendo el consumo energético del hotel (ver figura 64).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena



Figura 64. Modelo propuesto-diseño final. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Metas de ahorro energético: Se realiza un estudio anual para analizar el consumo de la edificación y alcanzar las metas de ahorro de acuerdo con la **resolución 0549 de 2015**. Según esta resolución, para la ciudad de Pereira cuyo clima es tropical templado, se debe cumplir con 151,3 kwh/m² en hoteles durante el primer año. Para el caso del segundo año, se proyecta este valor a 98,3 kwh/m² (ver figura 65).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

LINEA BASE

kWh/m ² -año	Frio	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	96,1	151,3	132,5	217,8
Hospitales	249,6	108,3	344,1	344,1
Oficinas	81,2	132,3	318,2	221,3
Centros comerciales	403,8	187,8	187,8	231,5
Educativos	40,0	44,0	72,0	29,8
Vivienda no VIS	46,5	48,3	36,9	50,2
Vivienda VIS	44,6	44,0	34,6	49,3
Vivienda VIP	48,1	53,3	44,9	50,6

SEGUNDO AÑO DE AHORRO DE ENERGIA DE LA RES. 0549

Energía	Porcentaje mínimo de ahorro			
	Frio	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	20	35	25	45
Hospitales	35	25	35	30
Oficinas	30	30	40	30
Centros comerciales	25	40	35	30
Educativos	45	40	40	35
Vivienda no VIS	25	25	25	45
Vivienda VIS	20	15	20	20
Vivienda VIP	15	15	20	15

Figura 65. Comparación línea base – metas segundo año en ahorro de energía. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-NA

Consumo energético: Dicho lo anterior, en el estado actual el consumo de la potencia lumínica es mayor con 52 kwh/m². Esto se debe principalmente a que se emplea iluminación artificial de 2 pm a 11 pm en las aparta suite y en las áreas sociales. Además, en zonas como pasillos, ascensores y oficinas administrativas hay un consumo total, es decir de 24 horas cada día, pues son espacios pequeños, cerrados y oscuros.

Adicionalmente, la potencia eléctrica también es alta con 31 kwh/m². Esto es por causa de los electrodomésticos utilizados como horno microondas, estufa, nevera, televisor, lavadora, equipos de sonido y computadores, cuyo uso durante el día se considera de 6 am a 11 pm en las aparata

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

suite. Por otro lado, en las áreas sociales el consumo es aún mayor, ya que se utilizan equipos como: microondas, cafeteras, dispensadores, computadores y cámaras de seguridad en las áreas de servicio las 24 horas del día. Esto teniendo en cuenta que la actividad y funcionamiento de un hotel es constante.

Como se observa en la figura 66, al comparar los modelos, en el modelo propuesto se reduce el consumo de potencia lumínica a 40 Kwh/m² con la implementación de estrategias que aprovechen la luz natural en el día. Esto hace que el periodo de horas activas sea menor y la iluminación artificial sea utilizada solo en las noches (de 6 pm a 6 am). En este sentido, el consumo anual del modelo actual es de 82 kwh/m² e implementando las estrategias pasivas es de 35 kwh/ m². Es decir, la reducción total de la edificación es de 47 kwh/m² y se cumple con lo establecido en la resolución 0549 de 2015.

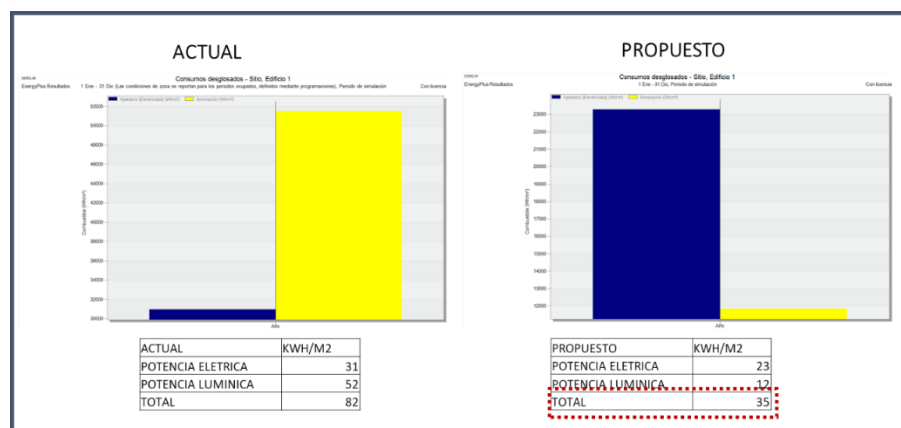


Figura 66. Comparación consumo energético: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia. 2021. CC

BY-NC-NA

Ganancias internas: En el modelo actual, las ganancias térmicas en equipos y ventanas son muy altas. Esto se debe principalmente al diseño y distribución de espacios interiores y al diseño

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

exterior, pues no cuenta con ninguna protección solar. En el modelo propuesto se incluyen estrategias pasivas para aumentar la ventilación por el alto consumo de equipos. Dicho esto, la ganancia interna por iluminación general en el modelo actual es de 74,9 kwh/m2 y en el modelo propuesto es de 5,2 kwh/m2. Esto quiere decir que hay una reducción de 69,7 kwh/m2 gracias a la implementación de elementos verticales y horizontales los cuales crean sombra para reducir las ganancias térmicas de las ventanas sin obstaculizar la iluminación.

En este orden de ideas, la ganancia en equipos del modelo actual es de 31 kwh/m2 y del modelo propuesto es de 23,2 kwh/m2, obteniendo una reducción de 7,8 kwh/m2. Finalmente, la reducción de las ganancias internas por equipos de aire es de 117,2 kwh/m2 anual (ver figura 67).

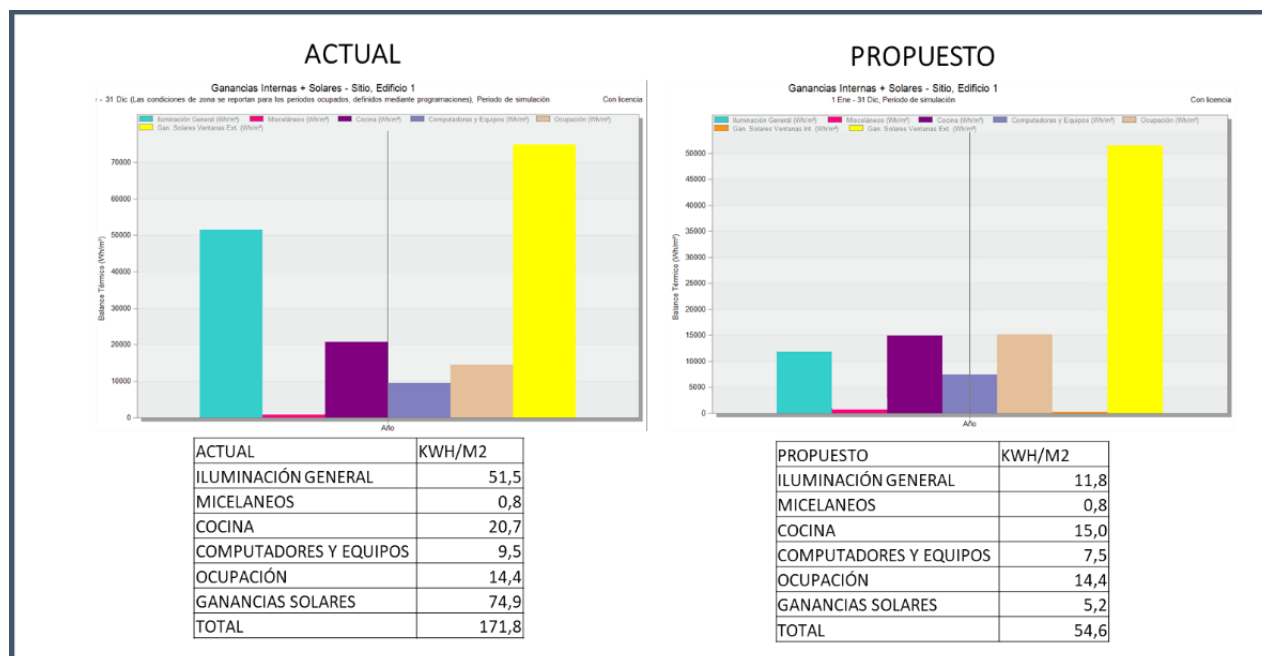


Figura 67. Comparación ganancias internas: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia. 2021. CC

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Cerramiento y ventilación (balance de calor ejercido por el aire exterior): Los cambios anuales de aire que se generan en el modelo actual son de 1,9 r/h. Este valor, es bajo para la ventilación de todo el edificio a causa del diseño de apertura y tamaño de ventanas. Para mejorar esta renovación de aire, se plantean ventanas más amplias para que el porcentaje de entrada de aire sea de 60% y con esto reducir también la carga energética. Como consecuencia, en el modelo propuesto la renovación es de 12,24 r/h, es decir, aumenta 10,34 r/h mejorando la calidad del aire en el interior. Como se evidencia en la figura 68, al comparar los dos modelos, la ventilación natural aumenta -11,1 kwh/m². Por su parte, el aire exterior aumenta en -18 kwh/m².

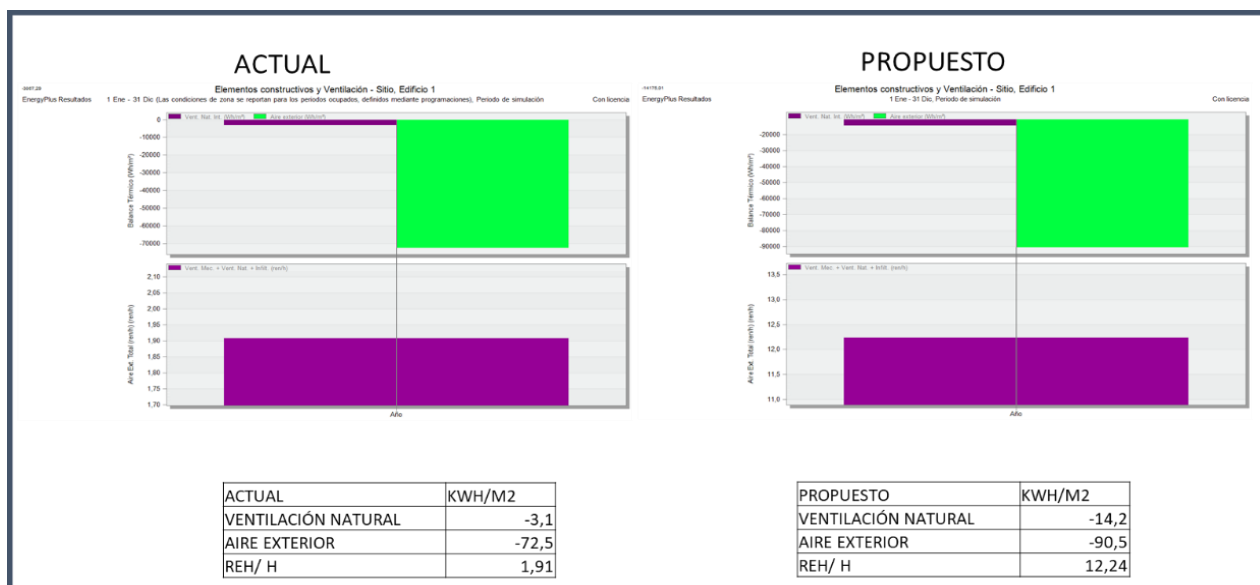


Figura 68. Comparación cerramiento y ventilación: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia. 2021.

CC BY-NC-NA

Nivel de CO₂: De acuerdo a lo anterior, con el uso de estrategias pasivas, el proyecto mejora sus resultados en términos de ahorro energético. Situación similar sucede con las emisiones de CO₂. De forma que, como traza el Observatorio de la Sostenibilidad en España -OSE- (n.d.), no

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

existe ninguna duda de que la empresa que no elabore e implante un plan de adaptación frente al cambio climático está destinada al fracaso. Las empresas, en este caso en el sector hotelero, por lo tanto, se deben enfrentar al reto de saber cuáles son sus emisiones de CO₂, producto de su consumo tanto energético como de materiales y generación de residuos. Sin ello, resulta complejo que se pueda planificar una estrategia eficaz de actuación a corto, mediano y largo plazo.

Dicho esto, la figura 69, expone que el modelo actual produce 51542,64 kg de CO₂, mientras que en el modelo propuesto este resultado es de 21285,93 kg. Esto significa una reducción de emisiones de 30,256,71 kg. De esta manera, el resultado obtenido en el estudio de caso es un punto de partida para otros proyectos que deseen emplear estrategias pasivas con propósito de mitigar los efectos del cambio climático y minimizar la producción de los gases de efecto invernadero.



Figura 69. Comparación nivel de CO₂: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-

NA

Confort: Para la evaluación de confort se toma como base el tercer piso, ya que es el piso al cual corresponden las temperaturas más altas. En este caso, se analiza la distribución de las aparta suite 306 y 313, teniendo presente el rango de confort previamente establecido para el lugar (22,2

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

°C a 27,2° C). Por consiguiente, se suman las horas de confort y se restan del total de horas al año para obtener el porcentaje anual en disconfort de una. En primer lugar, en el modelo actual de la aparta suite 306, se observa un 94% de disconfort al año. No obstante, en el modelo propuesto se encuentra un 21% en disconfort. En otras palabras, al emplear las estrategias pasivas en el proyecto, el disconfort se reduce el 73% de las horas al año (ver figura 70).

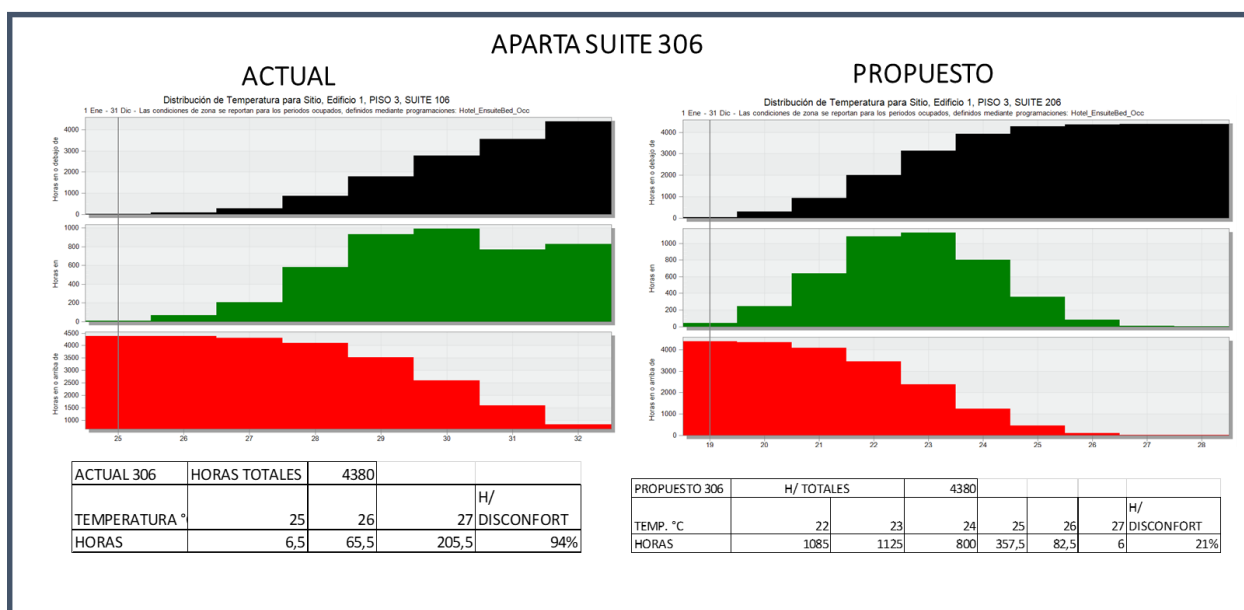


Figura 70. Comparación confort aparta suite 306: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia. 2021.

CC BY-NC-NA

En el caso de la aparta suite 313 (ver figura 71), el modelo actual presenta un 99% de disconfort durante el año, mientras que, en el modelo propuesto, solo se daría un 21% de disconfort, siendo la reducción anual de 78%. En ambos casos, la reducción es mayor al 70%, lo que indica una mejora considerable del confort interior a un bajo costo energético.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

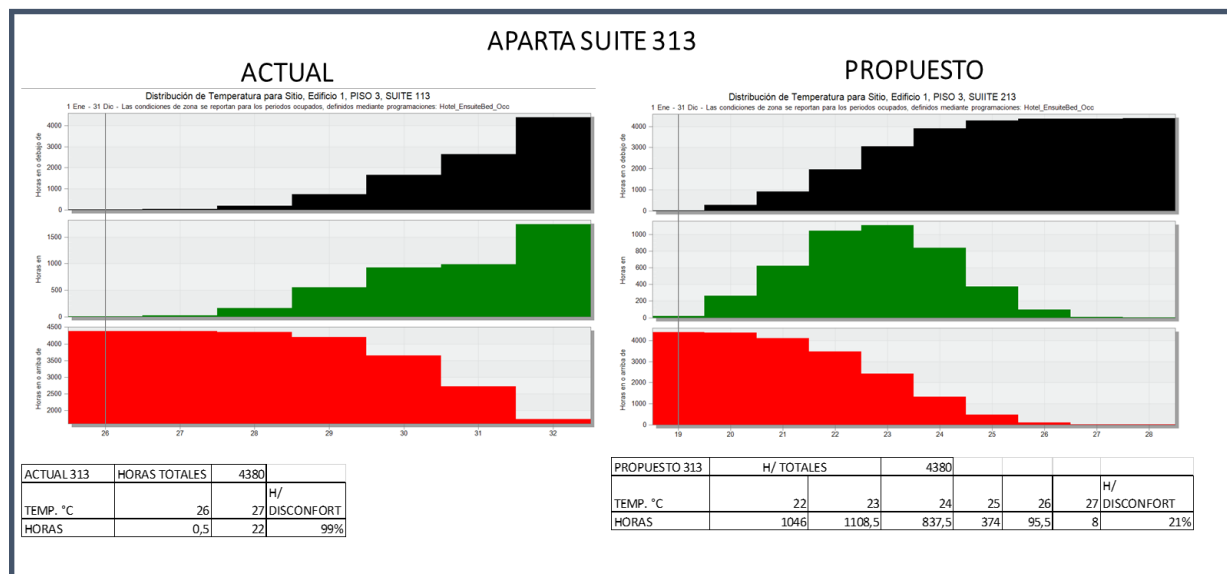


Figura 71. Comparación confort aparta suite 313: modelo actual vs modelo propuesto. Elaboración propia. 2021.

CC BY-NC-NA

6. CONCLUSIONES

Con el fin de incentivar el desarrollo sostenible en climas templados, el presente trabajo de investigación busca mejorar el confort interior y disminuir el consumo energético a través de la aplicación de estrategias pasivas en el diseño de un proyecto hotelero propuesto para Pereira, Colombia (caso de estudio). En este sentido y de acuerdo al análisis general del lugar y el diagnóstico de temperatura, iluminación y ventilación del estado actual del diseño del proyecto, se encontró que hay tres tipos de estrategias pasivas que responden mejor a las condiciones climáticas mencionadas. Los tres tipos de estrategias son: orientación, materiales sostenibles y diseño y sombreado.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Dicho lo anterior, de acuerdo al primer objetivo específico, el diagnóstico expone que el proyecto con el diseño existente presenta una temperatura operativa mínima de 30.6 °C y una temperatura operativa máxima de 32,2 °C. De esta forma, teniendo en cuenta que la zona de confort para Pereira está en un rango de 22,2°C a 27,2°C, el proyecto con el diseño actual no cumpliría con óptimas condiciones de confort para sus huéspedes.

Desde la perspectiva lumínica, menciona que en el día más claro hay un deslumbramiento de 8,9% factor luz día y en el día más nublado es de 5,51% factor luz día. Esto se debe principalmente a la forma de la ventana y su material. En el día más claro la filtración de luz es demasiado alta y en el día más nublado no hay suficiente iluminación, lo que indica que la entrada de luz no se da de manera uniforme.

Del mismo modo, expresa que en este modelo la renovación de aire es de 1,20 r/h en cada suite y para las circulaciones es de 0,90 r/h. No obstante, según la norma ASHRAE 62.1, el mínimo exigido para las aparta suite es de 0,56 r/h y para las circulaciones es de 0,36 r/h, valores que se consideran bajos teniendo en cuenta el uso y actividad constante de un hotel. Por lo cual se plantean valores de renovación de aire mayores a los mínimos exigidos que permitan mantener en óptimas condiciones la calidad del aire al interior de la edificación.

Como consecuencia, además de estar fuera de los rangos de confort, el proyecto presenta un consumo energético elevado (82 kwh/m²). Este consumo poco controlado del recurso, no sólo implica un aumento en los costos a corto, mediano y largo plazo, si no también en su impacto ambiental. Sucede de manera similar con el nivel de CO₂ del modelo actual, el cual es de 51542

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

kg, acrecentando la huella de carbono del hotel. Sin embargo, esta situación puede ser mitigada a partir de una arquitectura más consciente de su relación con el medio ambiente.

Por otro lado, dando respuesta al segundo objetivo específico, se puede manifestar que, los parámetros de diseño y materiales propuestos favorecen el desarrollo sostenible. Esto es gracias a que estas nuevas condiciones buscan mejorar el funcionamiento térmico y lumínico interno del proyecto además de reducir sus efectos sobre el medio ambiente. Del mismo modo, con la nueva propuesta de materiales locales renovables y sostenibles, no solo se genera un beneficio ambiental, sino también económico y social de acuerdo al modelo de economía circular. Puesto que, al ser materiales que se consiguen y se trabajan en sitio, se genera empleo en la población vulnerable de la región. Además de ello, son materiales de fácil acceso, que no requieren de transporte y cuya elaboración es de baja contaminación.

En cuanto al tercer objetivo, se encuentra que la temperatura interior mejora considerablemente al incluir las estrategias propuestas en el modelo actual. Esto debido a que, al implementar las estrategias pasivas en el proyecto durante una semana de condiciones críticas (en julio), las temperaturas interiores disminuyen a 26.4°C (temperatura mínima) y 27.6°C (temperatura máxima). Es decir, se da una reducción de 4,2 C° y 4,6 C° respecto al modelo con el diseño actual, aproximándose a los rangos de confort establecidos.

De formar semejante, al efectuar las estrategias en el modelo en días críticos de iluminación en el año, como lo es el día de mayor brillo solar (13 de septiembre) y el día más nublado (16 de febrero), se obtiene iluminación apropiada y uniforme (1,33% factor luz día y 1,20% factor luz día respectivamente) en las aparta suite. Esto significa una reducción de 7,58% en el día más claro y

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

4,31% en el más oscuro, tomando como punto de partida los estándares establecidos en la norma RETILAP. Además de ello, el modelo propuesto cumple con el manual técnico del BREEAM, en donde se plantea un ratio de uniformidad de mínimo 0,3 CU, pues en el resultado, los valores son de 0,36 CU en cielo claro y 0,32 CU en cielo nublado.

Dicho modelo, también muestra mejoras en la ventilación del proyecto, pues pasa a tener una renovación de aire de 5.25 r/h en las aparta suite, es decir, se da un aumento de 4,05 r/h. Lo anterior, se logra mediante ventilación unilateral, la cual se da de manera eficaz gracias al tamaño y abertura de las ventanas exteriores, pues en las aparta suite no es posible facilitar la ventilación cruzada, ya que para ello sería necesario implementar ventanas con dimensiones suficientes hacía los pasillos del hotel, las cuales, de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 1700 y la Norma Técnica Colombiana 6199 no favorecen la seguridad (contra incendios) y privacidad de los huéspedes.

En cuanto a las circulaciones, la renovación incrementa a 9,5 r/h, señalando 8.6 r/h más que en el modelo actual. En este caso, la renovación se consigue por ventilación cruzada y efecto chimenea en las zonas comunes al interior. Esto es producto de la nueva orientación y las variaciones realizadas en el diseño como: la inclusión del vacío central, el desplazamiento de las escaleras, la ampliación de la circulación, el aumento del tamaño y cantidad de ventanas y el diseño de 4 jardines en el primer piso. A su vez, este conjunto de acciones permite mejorar la calidad del aire del proyecto.

Como resultado, el consumo energético disminuye a 35 kwh/m² en el modelo propuesto, generando una reducción de 47 kwh/m² respecto al modelo con el diseño existente. Así mismo, la producción de CO₂ baja 30,256,71 kg, quedando en 21,895,93 kg respecto al modelo actual. De

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

manera que, se puede decir que el cambio en la orientación, los materiales y el diseño trae consigo un ahorro energético significativo para el proyecto, mitigando su huella de carbono y por ende sus repercusiones de índole ambiental.

Finalmente, se puede afirmar que parámetros de diseño como orientación, sombreamientos con lamas en ventanas, el uso de paneles corredizos y la inclusión de balcones, así como otras adiciones y sustracciones o el aumento en el tamaño y la cantidad de vanos, favorecen el aprovechamiento de los recursos naturales como el sol y el viento en climas templados en función de generar bajos consumos energéticos. De la misma forma, el uso de muros verdes y materiales de fácil acceso y con características térmicas particulares como el cáñamo, la madera, la guadua, el concreto celular, el ladrillo ecológico, la piedra natural y el vidrio reciclado también benefician el desarrollo sostenible en la industria hotelera para climas como el mencionado.

Aportes de originalidad

De acuerdo a los estudios previos que fueron objeto de revisión en el estado del arte, el proyecto expuesto plantea la necesidad de estudiar y determinar qué tipo de estrategias pasivas se ajustan mejor a las condiciones climáticas de ciudades de países tropicales con características particulares. Esto se debe principalmente, a que, según lo encontrado, la mayoría de estudios de esta índole están orientados a climas extremos como lo son *cálidos secos* y *cálidos húmedos*, y climas *fríos*.

En este caso, Pereira presenta un clima *Templado húmedo* con condiciones variables a lo largo del día. Esto quiere decir que no se mantiene constante como en el caso de otras ciudades. Por esta razón, se propende por la adaptación de las estrategias al contexto expuesto y se busca que sean viables para el sector hotelero. Esto, para que además de conseguir un ahorro energético y

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

económico a mediano y largo plazo, se presenten óptimas condiciones de confort para sus visitantes.

En adición a lo anterior, el estudio realizado propone respuestas innovadoras y tecnológicas como lo son las *lamas móviles*, las cuales de modo automático se adecúan al recorrido del sol con el fin de reducir el sobrecalentamiento al interior del edificio sin interrumpir la entrada de iluminación natural. Por otra parte, teniendo en cuenta que, para edificios ventilados naturalmente, el modelo de confort adaptativo manifiesta que el confort térmico también depende de las acciones de adaptación de los ocupantes al clima exterior, se plantean *paneles corredizos*, los cuales son de gran ayuda para lograr dicha adaptación, pues se controlan de forma manual.

Este documento, además pretende ser un punto de referencia para otros autores que deseen indagar en las estrategias pasivas y la sostenibilidad y profundizar en la investigación relacionada con ello, pues presenta resultados propios y avalados por software especializados en el área a partir de estudios previos. De la misma manera, en el ámbito práctico de la arquitectura y del sector constructor, el presente trabajo se puede tomar como referente para el diseño y construcción de proyectos hoteleros que busquen incluir características sostenibles y disminuir su impacto ambiental.

A la vez, investigaciones como la expuesta permiten la reflexión por parte de profesionales en el área sobre la arquitectura y la construcción habitual y cómo estas pueden ser mejoradas a partir de estudios más conscientes del lugar, con el fin de amenorar los efectos ambientales que han traído consigo los procesos de diseño y construcción tradicional.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Futuras líneas de Investigación

Una vez desarrollado el presente trabajo, se detectaron diversas líneas de investigación con las que se puede mejorar y ampliar el espectro del problema. A continuación, se destacan algunas de ellas:

En primer lugar, se puede contemplar el análisis de diferentes tipos de energías alternativas en la edificación en las condiciones climáticas expuestas. Esto con el fin de reconocer cuales se adaptan mejor al contexto estudiado y además responden efectivamente a la eficiencia energética, disminuyendo costos a mediano y largo plazo. Un ejemplo de lo anterior puede ser el estudio de energías limpias como la solar, la eólica y la geotérmica en edificaciones de uso hotelero con fines térmicos para climas templados. Para ello, resultaría necesario evaluar su aplicación desde el punto de vista económico; se deben comparar los costos iniciales con respecto a los ahorros a largo plazo y determinar su viabilidad para el sector de la construcción.

Por otro lado, la segunda línea que continua con la validación de las estrategias pasivas en caso de ejecutarse, puede ser un estudio de carácter cualitativo. Desde este componente, a través de instrumentos como encuestas, se podría comparar la sensación térmica de los usuarios respecto a los datos cuantitativos obtenidos mediante los procesos de simulación y de este modo, evaluar más a fondo la efectividad de las estrategias utilizadas. De forma similar, se lograría identificar la percepción no solo de huéspedes sino también de empleados de proyectos hoteleros con relación tanto a sensación térmica como a funcionamiento y operatividad al interior de un hotel con características sostenibles.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Adicionalmente, como una siguiente línea de investigación, resultaría importante complementar el estudio cualitativo con ciclos de medición post-ocupacional de la calidad del aire, en donde con la ayuda de equipos especializados se midan condiciones como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y niveles de iluminación y CO₂ en tiempo real, con el propósito de verificar los resultados tomados con lo esperado según las simulaciones.

Lo anterior, implica también revisar y tener en cuenta los parámetros establecidos para medición, como lo son su tiempo de duración y las especificaciones de cada uno de los equipos utilizados. Esto, para que los procesos se lleven a cabo correctamente y se reduzca el riesgo de sesgo en la toma de datos.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hotel GF Vitoria.....	20
Figura 2. Hotel Jicaro Island Ecolodge.....	21
Figura 3. Hotel NUA Medellín.....	22
Figura 4. Hotel Santo Bambú.....	23
Figura 5. Demanda Hotelera.....	33
Figura 6. Desempeño Sostenible en Pereira.....	34
Figura 7. Localización del Lote.....	35
Figura 8. Lote.....	36
Figura 9. Conexión pacifico 3.....	36
Figura 10. Temperatura y Humedad Relativa en Pereira.....	38
Figura 11. Dirección y velocidad del viento en el lote.....	39
Figura 12. Velocidad del viento por meses.....	40
Figura 13. Promedio día más caluroso y día promedio más frío.....	42
Figura 14. Día con mayor brillo solar.....	42
Figura 15. Diagrama psicrométrico para Pereira.....	43
Figura 16. Zonificación primer piso proyecto hotelero.....	45
Figura 17. Diagrama Psicrométrico.....	47
Figura 18. Zona de confort según modelo adaptativo ASHRAE 55.....	47
Figura 19. Mejor orientación 97,5° derecha.....	48
Figura 20. Fachadas con mayor radiación en el año.....	49
Figura 21. Carta Estereográfica.....	50

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Figura 22. Sombras 21 de marzo	51
Figura 23. CDF del proyecto	52
Figura 24. Temperatura operativa del modelo actual	53
Figura 25. Temperatura modelo actual por pisos.....	54
Figura 26. Iluminación por pisos- modelo actual	55
Figura 27. Iluminación por suites- modelo actual	56
Figura 28. Estrategias seleccionadas para aplicación	58
Figura 29. Cambio en la orientación.....	63
Figura 30. Temperatura operativa general con estrategia de orientación	63
Figura 31. Temperatura operativa por pisos con estrategia de orientación.	64
Figura 32. Sombras según la orientación propuesta.	65
Figura 33. CFD según la orientación propuesta.....	65
Figura 34. Nuevos materiales propuestos	66
Figura 35. Glosario ambiental: ¿Qué es la economía circular?	67
Figura 36. Comparaciones materiales del modelo actual con materiales propuestos.....	71
Figura 37. Temperatura operativa general con la estrategia de materiales.....	72
Figura 38. Temperatura operativa por pisos con la estrategia de materiales	73
Figura 39. Detalle entrada de luz solar de acuerdo a lamas.....	74
Figura 40. Diseño y sombreado propuestos.....	75
Figura 41. Temperatura operativa general con estrategia de diseño y sombreado	76
Figura 42. Temperatura operativa por pisos con estrategia de diseño y sombreado	77
Figura 43. Síntesis de resultados de aplicación de cada estrategia	78

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Figura 44. Comparación del modelo final con el modelo actual suites 113, 313 y 513.	79
Figura 45. Diseño modelo actual vs modelo propuesto	80
Figura 46. Comparación del modelo final con el modelo actual aparta suites 06 y 13 en los pisos 1, 3 y 5.....	81
Figura 47. Síntesis resultados iluminación modelo actual vs modelo propuesto	82
Figura 48. Iluminación natural por pisos modelo actual vs modelo propuesto en condiciones críticas.	83
Figura 49. Comparación aparta suite 106 modelo actual con el modelo propuesto en días críticos	84
Figura 50. Comparación del diseño modelo actual vs diseño modelo propuesto.....	86
Figura 51. Síntesis resultados ventilación natural: modelo actual vs modelo propuesto.....	87
Figura 52. Comparación de la ventilación natural en la circulación del modelo actual vs el modelo propuesto.....	88
Figura 53. Comparación renovación de aire aparta suite 306: modelo actual vs modelo propuesto	90
Figura 54. Comparación renovación de aire aparta suite 313: modelo actual vs modelo propuesto	90
Figura 55. Modelo final	91
Figura 56. Comparación general del modelo final con el modelo actual	91
Figura 57. . Comparación por pisos del modelo final con el modelo actual.....	92
Figura 58. Aparta suite tipo 106, 306 y 506 con mejoras en el diseño y sombreado	93

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Figura 59. Temperatura operativa aparta suite 106, 306 y 506 con mejoras en el diseño y sombreado.	94
Figura 60. Aparta suite tipo 113, 313 y 513 con mejoras en el diseño y sombreado.	95
Figura 61. Temperatura operativa aparta suite 113, 313 y 513 con mejoras en el diseño y sombreado.	95
Figura 62. Corte bioclimático longitudinal- modelo propuesto.....	96
Figura 63. Corte bioclimático transversal- modelo propuesto.....	97
Figura 64. Modelo propuesto-diseño final.....	98
Figura 65. Comparación línea base – metas segundo año en ahorro de energía	99
Figura 66. Comparación consumo energético: modelo actual vs modelo propuesto	100
Figura 67. Comparación ganancias internas: modelo actual vs modelo propuesto	101
Figura 68. Comparación cerramiento y ventilación: modelo actual vs modelo propuesto.....	102
Figura 69. Comparación nivel de CO ₂ : modelo actual vs modelo propuesto	103
Figura 70. Comparación confort aparta suite 306: modelo actual vs modelo propuesto.....	104
Figura 71. Comparación confort aparta suite 313: modelo actual vs modelo propuesto.....	105

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estado del arte Latinoamérica.....	16
Tabla 2. Comparación datos climáticos. Meteonorm e IDEAM.	41
Tabla 3. Temperatura máxima y mínima en Pereira.....	41
Tabla 4. Síntesis resultados comparación iluminación modelo actual vs modelo propuesto en días críticos.....	84
Tabla 5. Síntesis resultados comparación iluminación por modelo en días críticos.....	85

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

7. REFERENCIAS

- Arquitectura Mendoza. (n.d.). *¿Qué son y como funcionan las paredes verdes?* Grupo BLOM.
<http://www.arquitecturamendoza.com/muros-verdes.php>
- Arquitectura Sostenible. (n.d.). *Casas de madera: ventajas, tipos y ejemplos.* Arquitectura Sostenible. <https://arquitectura-sostenible.es/casas-madera-ventajas-tipos-ejemplos/>
- Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas en Edificaciones RITE, (2017).
- Asociación Española de Domótica e Inmótica - CEDOM. (n.d.). *Qué es Domótica.* Asociación Española de Domótica e Inmótica - CEDOM. <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>
- Bautista Forero, A. T. (2020). *Eco hotel en el Amazonas, complejo turístico y ecológico.* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/49849>
- BBVA. (2020). *Los hoteles más sostenibles del mundo.* Communications. <https://www.bbva.com/es/los-hoteles-mas-sostenibles-del-mundo/>
- BID, Alcaldía de Pereira, & Ministerio de Hacienda y crédito público. (2012). *Plan de Acción Pereira.*
https://repositorio.findeter.gov.co/bitstream/handle/123456789/195/PDA_Pereira.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bustios Benites, A., & Espezua Bejar, H. (2017). *Hotel de Campo en Cieneguilla* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/873>
- Carmona, R. (2019). *COMER MEJOR Y CUIDAR EL MEDIO AMBIENTE.* La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/vivo/como-hacer-diy/20190730/463415403323/huerto->

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

urbano-azotea-invernadero-alimentos-sanos.html

Cassandro Cajiao, R. (2017). *“Muro panel compuesto en guadua para vivienda” Modelo experimental de muro panel en guadua para vivienda en la zona cafetera* [Tesis de Maestría, Universidad Católica de Colombia]. <http://hdl.handle.net/10983/15387>

Castaño, S. L., & Suárez, L. M. C. (2013). Prácticas de responsabilidad ambiental en hoteles no categorizados de Risaralda. *Revista Gestión y Región*, 16, 129–149.

Cedeño González, F., & Rivas García, J. (2010). Eficiencia energética en el sector hotelero asturiano. Situación actual y perspectivas. *III Jornadas de Investigación En Turismo*.

CELSIA. Empresa de energía del GRUPO ARGOS. (2018). *¿Qué son y cómo son los paneles solares?* CELSIA. Empresa de Energía Del GRUPO ARGOS. <https://blog.celsia.com/new/que-son-como-son-paneles-solares/>

Center for the built environment CBE. (2020). *CBE Thermal Comfort Tool*. <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>

Climate-data.org. (n.d.). *CLIMA PEREIRA (COLOMBIA)*. <https://es.climate-data.org/americadel-sur/colombia/risaralda/pereira-5681/>

Concesión Pacífico tres. (n.d.). *Quienes somos*. <https://pacificotres.com/es/quienes-somos/>

Crea Comunicaciones. (2017). *Jicaro Island Ecolodge alcanza certificación de National Geographic y se ubica entre los mejores del mundo*. Noticias, Sala de Prensa. <https://www.creacomunicaciones.com/jicaro-island-ecolodge-alcanza-certificacion-de-national-geographic-y-se-ubica-entre-los-mejores-del-mundo/>

Cuesta Ríos, K. M. (2018). *Estrategia de diseño sostenible a partir de la noción de confort térmico*.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

[Tesis de Maestría, Universidad Católica de Colombia]. <http://hdl.handle.net/10983/16278>

Dachary, A. C. (2017). *Hoteles, nuevas tecnologías sustentables y empleo*. <http://alfredocesardachary.com/hoteles-nuevas-tecnologias-sustentabilidad-y-empleo/>

Design Builder Software Ltd. (n.d.). *Design Builder* (6.1.0.006). Design Builder Software Ltd.

Domínguez, L. (2010). *Hoteles Sostenibles y Responsables: Conciencia ecológica en la administración hotelera*. <http://www.turismoycooperacion.org/OBSERTUR/A/18.pdf>

EcuRed. (n.d.). *Ladrillo ecológico*. EcuRed. https://www.ecured.cu/Ladrillo_ecológico

EDGE. (n.d.). *Casa NUA*. <https://edgebuildings.com/project-studies/casa-nua/?lang=es>

ESUE - Escuela de Unidad Editorial. (n.d.). *Economía Circular y Desarrollo Sostenible*. ESUE - Escuela de Unidad Editorial. https://www.escuelaunidadeditorial.es/masteres-4/experto-en-economia-circular-y-desarrollo-sostenible/?gclid=Cj0KCQjwvO2IBhCzARIsALw3ASoXQStUnhSrZxJjVxPSf96hxFoA2Vz3IXL5Koa_WpgMvAZF8F_3OMEaAuSVEALw_wcB

Galindo, M. (n.d.). *Lo Que El Cáñamo Puede Hacer Por Tu Casa*. Ecoesmás. <https://ecoemas.com/canamo-construccion/>

García, Á. S. (2019). *Diseño pasivo: Concepto, ventajas y desventajas*. KOMMERLING. <https://retokommerling.com/disenio-pasivo/>

Gascueña, D. (2020). *¿Cuánta energía eléctrica consume y puede ahorrar un hotel?* <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/cuanta-energia-electrica-consume-y-puede-ahorrar-un-hotel/>

GF Hoteles Victoria. (2020). *Gestión medioambiental*. <https://gfvictoria.com/gestion->

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

medioambiental/

Giménez Ganga. (2019). *Lama móvil*. Giménez Ganga.

<https://www.gimenezganga.com/categoria-producto/celosias/lama-movil-celosia/>

Givoni, B. (1981). *Man Climate and Architecture*. Applied Science Publishers LTD.

Goñi, L. F. (2014). *Hotel en Playa Rosada, provincia de Santa Elena energías pasivas aplicadas al diseño* [Tesis de Pregrado, Universidad San Francisco de Quito].

<http://192.188.53.14/handle/23000/3105>

González, A. M., Bedregal, H. R. V., Nordelo, A. E. B., Toca, C. E. S., & Yanes, J. P. M. (2017).

Nuevos índices de consumo energético para hoteles tropicales. *Ingeniería Energética*, 38(3), 198–207.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000300005)

[59012017000300005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000300005)

González, F. C., & García, J. I. R. (2008). Análisis de la eficiencia energética en el sector hotelero

asturiano. *Revista de Economía, Sociedad, Turismo y Medio Ambiente: RESTMA*, 7.

González Tenorio, D. C. (2018). *Proyecto arquitectónico Eco-hotel Quypqua a orillas de la Laguna de Tota Cútiva, Boyacá* [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia].

<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9160>

Google. (2020). *club campestre de pereira*. Google Maps.

[https://www.google.com/maps/place/Club+Campestre+de+Pereira/@4.8034926,-](https://www.google.com/maps/place/Club+Campestre+de+Pereira/@4.8034926,-75.8562787,804m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e387a4b2f4675f5:0x17905f7e4591d970!8m2!3d4.8034243!4d-75.8540535)

[75.8562787,804m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e387a4b2f4675f5:0x17905f7e4591d970](https://www.google.com/maps/place/Club+Campestre+de+Pereira/@4.8034926,-75.8562787,804m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e387a4b2f4675f5:0x17905f7e4591d970!8m2!3d4.8034243!4d-75.8540535)

[!8m2!3d4.8034243!4d-75.8540535](https://www.google.com/maps/place/Club+Campestre+de+Pereira/@4.8034926,-75.8562787,804m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e387a4b2f4675f5:0x17905f7e4591d970!8m2!3d4.8034243!4d-75.8540535)

Grupo de Climatología y Agrometeorología Subdirección de Meteorología -, & IDEAM. (2011).

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Clasificaciones climáticas Colombia.

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/climas+%5BModo+de+compatibilidad%5D.pdf/d8c85704-a07a-4290-ba65-f2042ce99ff9>

Hernández Sánchez, J. J. (2018). *Estrategias de diseño bioclimático enfocado en el confort térmico. Caso de estudio desarrollado a partir de soluciones pasivas para una edificación de oficinas en Cúcuta-Norte de Santander.* [Universidad Católica de Colombia].
<https://hdl.handle.net/10983/18383>

Hinostroza Flores, B. Y., & Chumpitazi Dulanto, A. M. (2021). *Análisis del impacto del Covid-19 en la liquidez y solvencia en las empresas del sector hotelero supervisadas por la SMV* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica de Perú].
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/18074>

Homecenter. (n.d.). *Aprende todo lo que necesitas saber sobre los tipos de ventanas.* Homecenter.
<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/guias-de-compra/Como-elegir-ventanas>

Norma Técnica Colombiana NTC 5183, 14 (2011).

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo INSST. (2021). *La ventilación como medida preventiva frente al coronavirus SARS-CoV-2.*
<https://www.insst.es/documents/94886/712877/La+ventilación+como+medida+preventiva+frente+al+coronavirus+SARS-CoV-2.pdf/7d80e9f3-2b44-7e37-8af2-7ab105621070?t=1613134710733>

Interempresas. (2016). *La importancia del confort térmico en el sector hotelero.* Canales Sectoriales. <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/162832-La-importancia->

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

[del-confort-termico-en-el-sector-hotelero.html](#)

Política de Turismo Sostenible, 112 (2012). <https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollo-sostenible/politicas-del-sector-turismo/politica-de-turismo-sostenible/documento-de-politica-politica-de-turismo-sostenib.aspx>

Ministerio de Industria Comercio y Turismo. (2013). *Políticas del Sector Turismo*. <https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollo-sostenible/politicas-del-sector-turismo>

Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP*.

Ministerio de Vivienda, Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL, & Corporación Financiera Internacional IFC. (2015). *Anexo 2. Mapa de Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa y listado de municipios* (p. 18).

Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, Pub. L. No. 0549 (2015).

Mon, H., Sierra, G., & Li, R. R. (2006). Hotel Bioclimático. *Arquitectura y Urbanismo*, XXVII(2,3), 91–93.

Observatorio de la Sostenibilidad en España -OSE-. (n.d.). *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para hoteles*. Observatorio de La Sostenibilidad En España -OSE-. http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2013/06/manual_hoteles_hoteles.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2020). *Información básica sobre la COVID-19*.

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

<https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>

OSTELEA Tourism Management School. (2020). *Cómo el cambio climático afecta al turismo.*

<https://www.ostelea.com/actualidad/noticias/sostenibilidad/como-el-cambio-climatico-afecta-al-turismo>

Parlamento Europeo. (2021). *Economía circular: definición, importancia y beneficios.* Noticias

Parlamento Europeo.

<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

Perez, F. J. D., Chinarro, D., Otín, M. R. P., Martín, R. D., & Guardiola, A. (2018). Reduction of Energy Consumption in Hotels with Aerothermal Energy. Case Study: Canary Islands (Spain). *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.32), 127–131.

Potes Ramírez, M. A. (2019). *Bio-Hotel: "El paisaje como marco del objeto arquitectónico"* [Tesis

de Pregrado, Universidad Piloto de Colombia].

<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5894>

Recytrans. (2013). *Reciclaje de vidrio.* Recytrans. [https://www.recytrans.com/blog/reciclaje-de-vidrio/#:~:text=El reciclaje de vidrio consiste,material para crear nuevos productos](https://www.recytrans.com/blog/reciclaje-de-vidrio/#:~:text=El%20reciclaje%20de%20vidrio%20consiste,material%20para%20crear%20nuevos%20productos)

Restaure, M., & Angel, M. (2020). *Hotel de categoría 5 estrellas con eficiencia energética en*

playa hermosa tumbes. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal].

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4594>

Rivera Martínez, J. M. (2013). *Estudio energético y económico de las medidas pasivas en la*

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

rehabilitación energética de un edificio situado en Cartagena. [Universidad Politécnica de Cartagena]. <http://hdl.handle.net/10317/3652>

Rodríguez Rodríguez, E. E. (2006). *Evaluación y rediseño del proyecto ecoturístico para el Hotel Tortuguero, ubicado en Tortuguero, Limón.* [Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2861>

Rojas, A., & Espino, L. (2019). *Hotel 3 estrellas con arquitectura bioclimática en canoas de Punta Sal* [Tesis de Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2333>

Romero Olavarría, E. B. M. (2015). *El Diseño Pasivo como medio de alcanzar calidad Arquitectónica Sustentable en un Hotel para playa Hermosa-Tumbes.* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/6404>

Sánchez Guerrero, M. J., & Núñez Alarcón, J. P. (2021). *Consecuencias de la emergencia sanitaria por Covid-19 en el sector hotelero* [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ámbato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32239>

Silva, O. J. (n.d.). *Propiedades y aplicaciones del concreto celular.* 360 En Concreto. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/category/innovacion-y-tendencias/propiedades-aplicaciones-del-concreto-celular>

Simulaciones y proyectos. Knowledge from simulation. (n.d.). *CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA MUNDIAL SEGÚN KÖPPEN GEIGER Ingeniería para Arquitectura Bioclimática y Sostenible.* <https://www.simulacionesyproyectos.com/blog-ingenieria-arquitectura/clasificacion-climatica/>

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

Sitiosolar.com - Portal de energías renovables. (2013). *Los sistemas de recolección de agua de lluvia*. Sitiosolar.Com - Portal de Energías Renovables. <http://www.sitiosolar.com/los-sistemas-de-recoleccion-de-agua-de-lluvia/>

Szokolay, S. (1984). Passive and low design for thermal and visual comfort. *Third International PLEA Conference*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-031644-4.50007-2>

Tu administrador Chile -Administración de edificios y condominios en Santiago. (2019). *Métodos para reciclar en edificios y condominios*. Tu Administrador Chile -Administración de Edificios y Condominios En Santiago. <https://www.tuadministradorchile.cl/2019/10/28/metodos-para-reciclar-en-edificios-y-condominios/>

Turner, S. C., Paliaga, G., Lynch, B. M., Arens, E. A., Aynsley, R. M., Brager, G. S., Deringer, J. J., Ferguson, J. M., Filler, J. M., Hogeling, J. J., Int-hout, D., Kwok, A. G., Levy, H. F., Sterling, E. M., Stoops, J. L., Taylor, S. T., Tinsley, R. W., Cooper, K. W., Dean, K. W., ... Peterson, J. C. (2010). *ASHRAE STANDARD. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (Vol. 55). www.ashrae.org

Universidad externado de Colombia. (n.d.). *Normas técnicas sectoriales en turismo sostenible*. *Unidad Sectorial de Normalización en Turismo Sostenible*. <https://www.uexternado.edu.co/administracion-empresas-turisticas-hoteleras/normas-tecnicas-sectoriales-turismo-sostenible/>

UNWTO World Tourism Organization. (2020). *EL TURISMO INTERNACIONAL SIGUE ADELANTANDO A LA ECONOMÍA GLOBAL*. <https://www.unwto.org/es/el-turismo->

Estrategias pasivas para mejorar el confort y disminuir el consumo energético en hoteles de clima templado húmedo.

Alvarado Torres Sandra Milena

mundial-consolida-su-crecimiento-en-2019

VASA. (n.d.). *Low E*. VASA. <https://www.vasa.com.ar/product/advantage-low-e/>