



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE COMO ELEMENTO REGULADOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL ESPACIO INTERIOR

### **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRA EN ARQUITECTURA

### **PRESENTA:**

ARQ.MARIANA LEMBLE VELASCO

### **DIRECTOR DE TESIS:**

MTRO. ARTURO VALERIANO FLORES  
POSGRADO DE ARQUITECTURA

### **MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**

DR. JOSÉ DIEGO MORALES RAMÍREZ  
POSGRADO DE ARQUITECTURA

DR. JOSÉ LUIS BERMÚDEZ ALCOCER  
POSGRADO DE ARQUITECTURA

MTRO. FRANCISCO REYNA GÓMEZ  
POSGRADO DE ARQUITECTURA

MTRO. ERNESTO OCAMPO RUÍZ  
POSGRADO DE ARQUITECTURA

CIUDAD UNIVERSITARIA. CD. MX.  
FEBRERO 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA



ENVOLVENTE COMO ELEMENTO REGULADOR DE  
TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL ESPACIO INTERIOR

Tesis que para obtener el grado de:  
Maestra en Arquitectura

Presenta:

Mariana Lemble Velasco



Instituto de Investigaciones Históricas



Facultad de Arquitectura



Facultad de Estudios Superiores - Aragón

---



---

**DIRECTOR DE TESIS:**

Mtro. Arturo Valeriano Flores

**SINODALES:**

Dr. José Diego Morales Ramírez

Dr. José Luis Bermúdez Alcocer

Mtro. Francisco Reyna Gómez

Mtro. Ernesto Ocampo Ruíz



---

## AGRADECIMIENTOS

### **Al Mtro Arturo Valeriano**

Por el apoyo brindado a lo largo del proceso del desarrollo de mi investigación, por compartir sus conocimientos y resolver dudas

### **A mis tutores y maestros**

Por el tiempo dedicado para llevar acabo con buenos términos mi trabajo de investigación y estar al pendiente con todas y cada una de las inquietudes que se me presentaron en el camino

### **A mi esposo y familia**

Por apoyarme en esta etapa de mi vida profesional y por siempre motivarme a dar el todo, a pesar de las circunstancias que pase a lo largo de la maestría

### **A la UNAM y su Posgrado de Arquitectura y al Laboratorio de Sustentabilidad**

### **Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología (CONACYT)**

Por el apoyo económico brindado en la elaboración de mi trabajo



# Contenido

INTRODUCCIÓN.....	7
PROBLEMÁTICA.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS PARTICULARES.....	9
HIPÓTESIS.....	9
RELACIÓN HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y VARIABLES.....	9
ARQUITECTURA Y AMBIENTE.....	14
AUMENTO DE TEMPERATURA.....	14
DESARROLLO SUSTENTABLE.....	15
ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA.....	20
MEDIO AMBIENTE Y ENVOLVENTE.....	21
FACHADA.....	23
MATERIALES.....	24
TIPOS DE FACHADAS.....	24
CONFORT HIGROTÉRMICO.....	26
TEMPERATURA DEL AIRE.....	26
HUMEDAD RELATIVA.....	26
DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL AIRE.....	27
TEMPERATURA RADIANTE MEDIA.....	27
TEMPERATURA OPERATIVA.....	27
RADIACION SOLAR.....	28
CRITERIOS DE DESEMPEÑO DEL CONFORT TÉRMICO.....	29
PROTECCIONES SOLARES.....	29
ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA.....	30
EJEMPLOS DE PROTECCIONES SOLARES.....	31
VOLADIZOS.....	31
REMETIMIENTO DE LA VENTANA.....	31
ENTORNO DE LA VIVIENDA.....	31
VEGETACIÓN.....	31
PROTECTORES SOLARES INSTALABLES.....	32

LÁMINAS DE PROTECCIÓN SOLAR .....	32
PROTECTORES DE LAMAS HORIZONTALES Y VERTICALES .....	33
TOLDOS.....	33
CLIMA.....	35
CLIMA EN CUERNAVACA .....	36
TEMPERATURA.....	38
CLASIFICACIÓN DE CLIMAS POR SU TEMPERATURA .....	39
RADIACIÓN SOLAR .....	40
CONFORT TÉRMICO.....	41
DISEÑO PASIVO .....	41
VENTILACIÓN NATURAL.....	42
CONTROLES DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	42
TEMPERATURA CON RANGO ADAPTABLE .....	44
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	52
ARTÍCULOS .....	56
NORMAS OFICIALES MEXICANAS 008 Y 020 .....	58
DESARROLLO EXPERIMENTAL .....	62
VARIABLES DEPENDIENTES.....	62
□ CONDICIONES INTERIORES .....	62
VARIABLES INDEPENDIENTES .....	62
□ DISEÑO ARQUITECTÓNICO .....	62
VARIABLES INTERMEDIARIAS .....	67
□ CONDICIONES EXTERIORES:.....	67
CARACTERÍSTICAS OBSERVABLES .....	67
MANIPULACIÓN DE VARIABLES .....	68
APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO.....	68
MEDICIONES EN SITIO .....	70
CÁLCULO TÉRMICO.....	74
RESULTADOS .....	75
CORRELACIÓN DE VARIABLES .....	79
GRÁFICAS CORRELACIÓN DE VARIABLES .....	80
TABLA DE MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD .....	81

TABLA COMPARATIVA DE LOS MATERIALES CON BAJA TRANSMITANCIA TÉRMICA.....	82
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	82
PROPUESTAS ALTERNAS .....	83
CONCLUSIÓN .....	86
ÍNDICE IMÁGENES.....	88
ÍNDICE TABLAS .....	90
ÍNDICE GRÁFICAS.....	91
ANEXOS FICHAS TÉCNICAS .....	94
Referencias .....	114



# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

La arquitectura es una de las profesiones más importantes según mi criterio, ya que además de ser una de las bellas artes, nos permite brindar a los usuarios un espacio donde puedan desarrollar sus actividades, donde puedan sentirse seguros, donde puedan compartir buenos y malos momentos y en donde puedan ser resguardados de las condiciones exteriores. Es por eso que como arquitectos debemos de diseñar espacios adecuados a cada una de las necesidades de las personas; y además de todo que al construirlos vayan de la mano con las condiciones del medio ambiente. El medio ambiente es uno de los factores esenciales para el diseño de los proyectos, hoy en día existen un sin fin de materiales modernos que nos permiten lucir proyectos únicos, como las envolventes de cristal, sin embargo, cierto tipo de materiales pueden afectar las condiciones interiores de los espacios, una de ellas son el aumento de temperatura y por consecuencia se busca revertir el daño con tecnología como los son los aires acondicionados, que funcionan mientras haya electricidad pero generan un fuerte consumo energético, lo cual ayuda para un problema pero genera otro más. Es por ello que la arquitectura debe de diseñarse de acuerdo a las condiciones climáticas, y así es como se conoce la arquitectura bioclimática, ésta nos permite hacer diseño de edificios, tomando en cuenta las condiciones climáticas y teniendo un ahorro de energía, ya que se aprovechan los recursos naturales como lo son: la lluvia, el sol, el aire y la vegetación del espacio donde se va a desarrollar el proyecto para poder generar condiciones óptimas para los usuarios. Este concepto no es nuevo, ya que en los años sesenta los hermanos Olgyay propusieron el término de diseño bioclimática, enfatizando los vínculos entre la vida y el clima en relación con el diseño. Para el caso de los materiales empleados, existen diversos materiales con cualidades en sus propiedades térmicas que permiten generar condiciones de confort en el interior, aun

con condiciones extremas en el exterior. Entonces al considerar las condiciones del clima y las propiedades térmicas de los materiales se puede generar un equilibrio térmico en el interior de los edificios durante todo el año para lograr un diseño adecuado y condiciones confortables para los ocupantes.

## PROBLEMÁTICA

En la actualidad cuando se construye, no se toman en cuenta las condiciones climáticas del lugar para el diseño de los espacios, lo cual provoca que estas construcciones sean estéticas pero que no tengan un ambiente interior confortable para los usuarios, en donde no pueden llevar a cabo sus actividades correctamente debido a que las condiciones de temperatura y humedad del exterior afectan al interior. Tradicionalmente se construyen las fachadas con materiales que no permite que se pueda modificar la temperatura y humedad en el espacio interior, por lo que se reflejan las condiciones del exterior, en donde si fuera el caso de climas extremos, no permitiría al usuario estar cómodamente dentro del edificio sufriendo de frío o calor según la ubicación del edificio. También existen otro tipo de diseños arquitectónicos que se pueden utilizar para adaptarse a las condiciones del clima, como lo son las fachadas dinámicas. El concepto de “fachada dinámica no es una invención de las últimas décadas. El interés por diseñar construcciones que se pudieran adaptar a las distintas condiciones climáticas anuales se remonta a las primeras civilizaciones nómadas”. (Vaquero). Este tipo de envolventes nos permiten darle un buen diseño al edificio y mejorar las condiciones al interior.

## OBJETIVO GENERAL

Analizar el comportamiento térmico de las envolventes de las construcciones de Cuernavaca Morelos, por medio de simulaciones y

cálculos con criterios de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, (Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.)

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar mediciones en sitio de temperatura y humedad en espacios interiores, con instrumentos especializados (Onset HOBO y Estación meteorológica personal NETATMO).
- Analizar de forma detallada las variables de Temperatura y humedad del ambiente exterior, que intervienen en el comportamiento térmico de la fachada, como son materiales, radiación solar, etc.
- Realizar una comparativa de los materiales propuestos con baja transmitancia de calor, que permitan mejores condiciones de temperatura y humedad en el interior.

## HIPÓTESIS

Mediante un método de análisis y estudio básico para espacios arquitectónicos que tome en cuenta condiciones exteriores de temperatura y humedad del ambiente y las variables (materiales) de la envolvente se puede evitar condiciones en disconfort de temperatura y humedad.

## RELACIÓN HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y VARIABLES

En la tesis de investigación tomé en cuenta las variables de: materiales para fachadas, orientación de las fachadas, la temperatura y humedad de las condiciones externas e internas del caso de estudio ubicado en la Ciudad de Cuernavaca. Estas variables son las que considero se vinculan

directamente con las envolventes, las cuales las ocupamos para protegernos de las inclemencias del exterior.

Como lo mencionaba en la problemática, muchas veces los arquitectos por falta de conocimiento o por solo enfocarnos en la estética, elegimos materiales novedosos o que nos gustan, sin revisar las características de los mismos, también no tomamos en cuenta las condiciones climáticas del lugar a desarrollar el proyecto, lo cual provoca que al interior del espacio se desarrollen condiciones de discomfort para los usuarios.

Al diseñar de manera correcta las envolventes de acuerdo a los distintos climas donde se presente el proyecto, se podrá brindar a los usuarios confort térmico e higrotérmico y puedan llevar a cabo sus actividades adecuadamente.

Para ello es necesario conocer las condiciones reales de la temperatura y humedad del sitio, analizar las propiedades térmicas y ópticas de los materiales que se utilizarán en la construcción y poder tomar la decisión de que material favorece al proyecto de acuerdo a lo antes mencionado, estableciendo estrategias que permitan aprovechar o proteger el interior del espacio de las condiciones exteriores y que determinarán el tipo o forma de la envolvente.



# ARQUITECTURA Y AMBIENTE



## ARQUITECTURA Y AMBIENTE.

El ser humano ha modificado el medio ambiente con sus actividades generando problemas como el calentamiento global, la magnetósfera que es el escudo protector de los rayos ultravioleta, la deforestación, contaminación del agua y suelos por residuos industriales, degradación del suelo, la erosión y salinización, aumento de dióxido de carbono en la atmosfera con el uso de combustibles fósiles, entre otras.

Se debe tomar conciencia y empezar a realizar diseños que eviten que el medio ambiente nos cobre facturas altas por el mal uso que hacemos de él. El medio ambiente físico incluye la luz natural y el calor generado de la radiación solar, la humedad, el viento, el oxígeno, el dióxido de carbono y nutrientes del suelo, el agua y la atmosfera. (Alcántara)<sup>1</sup>

## AUMENTO DE TEMPERATURA

Según las estimaciones de la OMM, la temperatura global media de enero a septiembre de 2017 fue de casi 1,1°C por encima de la era preindustrial. Como consecuencia de un fuerte episodio del fenómeno El Niño, el año 2016 continuará siendo el más caluroso jamás registrado, seguido por el 2017, mientras el 2015 ocuparía la tercera posición. (ONU)<sup>2</sup>

De seguir aumentando ocasionara que los casquetes polares se fusionen y con ello el nivel del mar aumente aproximadamente 90cm sobre el nivel del mar, el clima seguirá cambiando, afectando más a la vegetación natural, Con esto nos damos cuenta que debemos hacer algo urgente por el medio

---

<sup>1</sup> Alcántara, Leonardo B. Zeevaert. *Apuntes Interacción del medio ambiente y la envolvente arquitectónica*. México, 2015. Pp.15

<sup>2</sup> ONU. "Bonn: Naciones Unidas inaugura conferencia sobre cambio climático (COP23) en Bonn, Alemania." *Centro de Noticias ONU* 06 Noviembre 2017: 1.  
<http://www.un.org/spanish/News/story.asp?newsID=38382#.Wgo1umiCzIU>

ambiente para mejorarlo de manera significativa y poder evitar que siga teniendo aumentos en la temperatura y que los problemas sigan creciendo, y afectándonos para llevar a cabo nuestras actividades cotidianas.

La velocidad del cambio es tal que sobrepasa la capacidad científica de evitar las causas-efectos. A finales siglo pasado surge el concepto de arquitectura sustentable, termino aplicado al desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus necesidades. (Alcántara)<sup>3</sup>

## DESARROLLO SUSTENTABLE

El desarrollo sustentable es una forma de apoyarse de la tecnología para satisfacer las necesidades del usuario sin afectar el medio ambiente como se ha hecho en otras décadas.

A principios del siglo XX, el impacto de la ingeniería ambiental trajo consigo innovaciones en el control del medio ambiente. Surgió el aire acondicionado y con ello un sin número de estudios e investigaciones con el objeto de evaluar de manera objetiva la respuesta térmica del hombre en su medio ambiente (Banham)<sup>4</sup>. Pero poner aire acondicionado no es la forma indicada de evitar que en un espacio interior se mejoren las condiciones, ya que esto produce un impacto negativo en la capa de ozono por el uso de clorofluorocarbonos que se emplean en ellos. Esta tecnología ayuda a los usuarios, pero al medio ambiente lo sigue perjudicando. Por eso se deben buscar nuevas formas de usar la tecnología

---

<sup>3</sup> Alcántara, Leonardo B. Zeevaert. *Apuntes Interacción del medio ambiente y la envolvente arquitectónica*. México, 2015.

<sup>4</sup> Banham, Reyner. *The architecture of the Well-tempered environment*. Londres: The Architectural, 1969.

---

afectando lo menor posible al medio ambiente. Una de las maneras sería, usar sistemas pasivos para controlar el ambiente interior de un espacio.



# ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA



## ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA.

Desde hace mucho tiempo las envolventes han jugado un papel muy importante en la historia de la humanidad, la cual es utilizada para protegerse de las inclemencias del medio ambiente. Las envolventes son como capas de piel que nos ayuda a soportar las extremas temperaturas que se presentan a lo largo del año. En la antigüedad los ancestros utilizaban pieles de animales que les ayudaba a mantenerse en confort y poder realizar sus actividades de mejor manera, ya que al ser nómada sus casas eran portátiles y no eran lo suficientemente bastas para protegerlos de las tempestades.

Conforme fueron pasando los años se fueron ubicando en localidades en donde podían construir sus casas con mejores condiciones que los protegían del clima. Día con día fueron mejorando las formas de construir, lo cual, generaba mejores condiciones para vivir.

Las envolventes desempeñan diversas funciones en las construcciones. La mayoría de las personas piensan que es solo la parte estética del proyecto, pero con la envolvente podemos regular las condiciones de un ambiente interior, brindándole a los usuarios espacios con confort en el interior para que puedan desarrollar sus actividades adecuadamente.

Las envolventes se deben diseñar apropiadamente para lograr confort interior en relación con el medio ambiente, mediante un análisis bioclimático del lugar a desarrollar. Es por ello que es esencial el estudio detallado del clima en donde se va a desarrollar el proyecto para poder diseñar estrategias que permitan la regulación de la temperatura y humedad del espacio interior.

En la arquitectura Gótica las fachadas eran parte de la estructura, los muros exteriores eran como las columnas o contrafuertes. En el Renacimiento la fachada se empezó a separar de la estructura, y con la Industrialización las

fachadas se diseñaban como componente independiente debido a los nuevos materiales, métodos de construcción y tipos de envolventes. También en la actualidad la interfaz entre el interior y el exterior refleja las estructuras sociales y la propaganda por la modernidad con la transparencia y la abertura de las fachadas. En el futuro la funcionalidad de las fachadas se extenderá aún más, como lo es ahora que las fachadas y azoteas son absorbentes y generadoras de energía. (Eva María Herrmann 12)<sup>5</sup>

## MEDIO AMBIENTE Y ENVOLVENTE

El clima del sitio es uno de los factores que se debe tomar en cuenta para el diseño de las envolventes ya que éste nos dará la pauta para ver qué es lo que necesita el proyecto. Si se encuentra en un lugar cálido, se debe evitar que los espacios se calienten, si está en un lugar frío, se debe evitar que en el interior se pierda el calor, y así es como se deben diseñar las fachadas, tomando en cuenta las condiciones del medio ambiente y de igual manera las propiedades de los materiales con que se construirán las fachadas.

En las últimas décadas, los cambios climáticos, han contribuido a que se desarrollen soluciones para contrarrestar estos problemas, creando materiales y tecnologías amigables con el medio ambiente que ayudan tanto al usuario como a la naturaleza.

Es de suma importancia reconocer que la tecnología avanza día con día, con herramientas muy útiles para la arquitectura. Con esto se puede aprovechar los recursos naturales como la energía solar para aprovecharla en el diseño de los espacios.

---

<sup>5</sup> Eva María Herrmann, Martin Krammer, Jörg Stum, Susanne Wartzack. *ENCLOSE - BUILD: WALLS, FACADE, ROOF*. Suiza: Birkhäuser Verlag GmbH, 2015.

Se han desarrollado sistemas en la arquitectura que nos permiten economizar energía eléctrica dentro de los espacios, como lo son los sensores de movimientos, que se desarrollaron para que sólo cuando los usuarios estén dentro del espacio las luces estén encendidas y al no detectar movimiento se apaguen.

Otra de las cosas que se han desarrollado son envolventes que se adaptan de manera dinámica a las condiciones climáticas del exterior. Así como también se han desarrollado fachadas que cosechan la energía solar y que es aprovechada para el uso de los mismos edificios. (G. I. González)<sup>6</sup>.

Un ejemplo son los Paneles ligeros y pesados en la envolvente arquitectónica, que utiliza sistema de paneles arquitectónicos con avances en el área de la construcción vigentes en donde se seleccionan los materiales adecuados para la envolvente según su función (Serratos)<sup>7</sup>. Por otro lado se ha investigado sobre las consideraciones bioclimáticas aplicadas al diseño de velarías, para ayudar al diseño de velarías térmicamente más confortables con un mejor desempeño bioclimático, que contribuyan de manera significativa a mejorar la calidad de vida y el confort de las personas (V. H. González)<sup>8</sup>. Otro ejemplo es la Envolvente cinética: hacia una superficie adaptable al medio ambiente, la cual regulara la radiación solar, iluminación natural y ventilación natural introducidas al espacio arquitectónico. (G. I. González)<sup>9</sup>

---

<sup>6</sup> González, Gustavo Isaac Moya. *Tesis de Maestría: Envolvente Cinética: hacia una superficie adaptable al medio ambiente*. México: UNAM, 2017.

<sup>7</sup> Serratos, Víctor Hugo Acosta. *Paneles ligeros y pesados en la envolvente arquitectónica*. México: UNAM, 2015.

<sup>8</sup> González, Víctor Hugo Roldán. *Consideraciones bioclimáticas aplicadas al diseño de velarías*. México: UNAM, 2009.

<sup>9</sup> González, Gustavo Isaac Moya. *Tesis de Maestría: Envolvente Cinética: hacia una superficie adaptable al medio ambiente*. México: UNAM, 2017.

Otro sistema que se ha utilizado en las envolventes para brindar confort en un ambiente interior es la doble fachada en el cual con el manejo de diferentes materiales evita el paso de temperaturas exteriores al interior.

Todas estas investigaciones y desarrollos se han creado para mejorar la calidad de espacios arquitectónicos para los usuarios, apoyándose de las tecnologías emergentes que permiten brindar mejores resultados.

## FACHADA

El término fachada se deriva del latín *facies* (cara) que se utilizó en la antigüedad para describir el lado público visible de un edificio, especialmente de edificios de prestigio. Una estructura construida por la mano del hombre simboliza la interacción entre el individuo, el espacio exterior y la sociedad. (Eva María Herrmann)<sup>10</sup>

La fachada es la capa que se encuentra entre el ambiente exterior y el ambiente interior de un edificio. Es la protección que tienen los usuarios tanto del sol, como de la lluvia y los demás factores que se encuentran en el exterior.

La elección de la construcción y los materiales de las envolventes se basan en lo estético, lo económico y lo ecológico, consideraciones que van directamente conectados con la función del componente arquitectónico

Las envolventes se pueden diseñar con diferentes estilos y materiales. Los materiales no solo cambian por las propiedades estructurales o funcionales sino también por lo estético.

---

<sup>10</sup> Eva María Herrmann, Martin Krammer, Jörg Stum, Susanne Wartzeck. *ENCLOSE - BUILD: WALLS, FACADE, ROOF*. Suiza: Birkhäuser Verlag GmbH, 2015.

## MATERIALES

Los que se han utilizado para las fachadas son la madera, el acero, piedras naturales, entre otros. Estos materiales son elegidos por ser de la región o tradicionales, por la función que tendrán o por cómo quieren que luzca la fachada, ya que esta es la primera impresión que da el edificio.

## TIPOS DE FACHADAS

Fachadas in Situ: son constituidas por elementos pequeños (ladrillos, bloques de concreto, concreto armado, etcétera), se colocan en obra, es decir son sistemas tradicionales.

Fachadas Mixtas: se combinan dos sistemas constructivos, el tradicional y prefabricados.

Fachadas prefabricadas: son constituidos por elementos prefabricados, que llevan incluidas las partes o componentes para la sujeción del panel de obra, el acabado al exterior, y que solamente sufren el proceso de montaje racionalizado y mecanizado. (Torres)<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Torres, Maribel Jaimes. Tesis de Doctorado: *Materiales Compuestos una alternativa para fachadas prefabricadas*. México: UNAM, 2017.



IMÁGEN 1 Departamentos en Hamburgo

Imagen tomada del sitio:  
<https://www.picsnaper.com/p/Monitoring-Publikationen-Hamburg-Tourismus-GmbH>



IMÁGEN 2 Oficinas en Hamburgo

Imagen tomada del sitio:  
<http://www.expansion.com/fueradeserie/arquitectura/2016/11/14/582980d7268e3e9c458b4658.html>



IMÁGEN 3 Casa de Vacaciones

Imagen tomada del sitio:  
<http://www.cg-sa.com/>

Departamentos en Hamburgo

Fachadas con muros sólidos de tabique y ventanas individuales

Oficinas en Hamburgo

Fachadas vidriadas con ventilación natural y sistemas de pantallas solares en el año 2011.

Casa de vacaciones

Fachada con una pantalla de acero inoxidable perforada del 2007.

## CONFORT HIGROTÉRMICO

El confort higrotérmico, tal como lo define el Ministerio de Obras Públicas (MOP), consiste en la ausencia de malestar térmico. En el caso particular del diseño o arquitectura bioclimática, éste se considera como un parámetro de control de las condiciones de habitabilidad de los espacios interiores.

Para conseguir un rango flexible de confort térmico, es necesario realizar un estudio de los materiales de construcción y los factores de acondicionamiento que determine todas las variables que pudieran afectar el ambiente.

Los factores que influyen en el clima interno de los edificios son:

### TEMPERATURA DEL AIRE

Los métodos para determinar las condiciones de comodidad térmica, según la referencia que data de 1996,<sup>12</sup> (Morales J. D.) se desarrollaron desde finales del siglo antepasado, y a partir de estos se implementaron normas o sugerencias de valores de los parámetros de clima dentro de los cuales el humano siente comodidad. La comodidad en la Gran Bretaña está definida entre 14.4 y 21.1 grados centígrados en la temperatura del aire en contacto con el cuerpo humano (58 a 70 grados Fahrenheit); en los Estados Unidos de América, entre 20.5 y 26.7 grados centígrados (69 a 80 grados Fahrenheit) y en los trópicos, de acuerdo con B. Givoni, entre 22 y 28 grados centígrados (72 a 83 grados Fahrenheit) con humedades relativas entre 30 y 70 %.

### HUMEDAD RELATIVA

Básicamente la función de la humedad corresponde a evaporarse por medio de la piel, ser absorbida por el aire seco y enfriar el cuerpo. La recomendación para la salud humana consiste, de acuerdo con los

---

<sup>12</sup> (Sámamo, D. A., Morales J. D. Notas del curso de actualización de energía solar. México: UNAM. 1966, 229.)

hermanos Olgyay debe ser de 30 °C como máximo; y en el caso de la evaporación la humedad relativa debe estar entre 20 y 80 % como máximo. (Olgyay) <sup>13</sup>

## DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL AIRE

El acondicionamiento del aire ASHRAE lo define como el proceso de tratar el aire, de tal manera, que se controle simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución, para que cumpla con los requisitos del espacio acondicionado. de acuerdo con sus condiciones de temperatura y humedad se pueden aprovechar en la climatización natural de los edificios; si estas condiciones no son adecuadas, se debe proteger la envolvente con barreras a las corrientes de viento o, en caso de que se presenten por períodos cortos, cerrar ventanas durante esos períodos. Las corrientes de viento a escala planetaria se producen por diferencias de presión debidas a cambios de temperatura. Las temperaturas altas generan una menor densidad del aire y, por lo tanto, una menor presión atmosférica. (Morales J. D.)<sup>14</sup>

## TEMPERATURA RADIANTE MEDIA

Es el calor emitido en forma de radiación por elementos del entorno, sumado al promedio de las temperaturas superficiales de todos los cerramientos.

## TEMPERATURA OPERATIVA

Es el valor medio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media. En invierno puede ser entre 20°C a 22°C y en verano entre 25°C y 27°C. Aunque en invierno son aceptables niveles un poco más bajos, los

---

<sup>13</sup> Olgyay, Victor, Aladar. Solar Control and Shading Devices. 1977.)

<sup>14</sup> (Sámano, D. A., Morales J. D. Notas del curso de actualización de energía solar. México: UNAM. 1966, 229.)

cuartos de baño y dormitorios de personas enfermas deben tener una temperatura mayor.

Debido a los múltiples factores que interactúan en la sensación térmica, como la vestimenta de las personas o incluso la estación del año y la hora del día, es recomendable considerar elementos que apoyen el confort térmico, como la calefacción ambiental o sistemas de ventilación adicionales.

Según los parámetros definidos en las cartas bioclimáticas, los intervalos de valor que permiten el confort térmico corresponden a:

Temperatura del aire ambiente: entre 18° y 26°C.

Temperatura radiante media superficie del local: entre 18° y 26°C.

Velocidad del aire: entre 0 y 2 m/s.

Humedad relativa: entre 40% y 65%. (7730:2006)<sup>15</sup>

## RADIACION SOLAR

La radiación solar la definen como "todo cuerpo que se encuentra a una temperatura diferente del cero absoluto (-273 °C) emite radiación en forma de ondas electromagnéticas y pierde por este solo hecho energía y consecuentemente, temperatura"<sup>16</sup> (Leyva), por lo que la energía solar es a radiación electromagnética y que es interceptada por la tierra. Se trata de un flujo de energía electromagnética que llega al exterior de la atmosfera, principalmente en forma de luz visible, y que se conoce como la constante solar (equivalente a 1361 W/m<sup>2</sup>). Cerca del 30% de esta energía se ve reflejada de vuelta al espacio, fundamentalmente por las nubes, la nieve, el

---

<sup>15</sup> UNE-EN ISO. "Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005)." 2006.

<sup>16</sup> Leyva, A. y Muhlia, A. Principios Físicos de la Radiación Solar. UNAM,

hielo y los grandes desiertos desprovistos de vegetación; el resto lo absorbe la superficie de los océanos y de los continentes que es lo que llamamos la superficie terrestre.

Debido a la inclinación del eje terrestre, la tierra recibe de manera diferenciada esa energía; las zonas ecuatoriales reciben de forma perpendicular o cenital los rayos solares, mientras que las zonas en las mayores latitudes, cerca de los polos, reciben los rayos solares en forma tangencial. Como consecuencia, las zonas más cercanas al ecuador se calientan más que las de latitudes mayores.

## CRITERIOS DE DESEMPEÑO DEL CONFORT TÉRMICO

Los criterios de desempeño están definidos en dos categorías, según las condiciones de operación del edificio.

En edificios pasivos se debe regir por las características del diseño, respondiendo a las condiciones climáticas para adaptarse a ellas.

En edificios con calefacción y/o refrigeración el rango de confort se establece como condición de operación de los sistemas activos en el edificio y además se utilizan como parámetros de simulación para la determinación de la demanda de energía. (Ashrae, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy)<sup>17</sup>

## PROTECCIONES SOLARES

Parte de la temperatura interior de nuestras casas se debe a la radiación solar que penetra por nuestras ventanas. A la hora de limitar o controlar el impacto del sol en las ventanas, en el mercado hay varios tipos de

---

<sup>17</sup> Ashrae 55-2004. "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy." 2004.

protección solar para ventanas. Conocerlos y hacer un buen uso de ellos, es indispensable para conseguir mantener la casa en confort. Además, también se benefician los usuarios de manera económica, pues se lo ahorrarán al no usar continuamente el aire acondicionado o en el mejor de los casos no teniendo.

La forma más eficaz de evitar el sobrecalentamiento debido al sol es limitar el impacto del mismo sobre la vivienda y principalmente en las ventanas. Por esa misma razón, los dispositivos externos son los más eficaces, ya que impiden el contacto de los rayos solares en la vivienda.

Hoy en día hay varias soluciones más allá de cerrar las persianas o las contraventanas, perfectamente integrables con el diseño a la vez que ofrecen una alta eficiencia. Aunque hay una gran variedad hoy en día para elegir tanto en cuestión de funcionalidad como estética, los más habituales se mencionaran a continuación.

Los dispositivos de protección solar para ventanas podemos encuadrarlos en dos grupos: Integrados en el propio diseño y construcción de la vivienda

#### ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA

Evidentemente esta solución sólo es factible en la fase de diseño, por lo que los arquitectos debemos tomar en cuenta al momento de diseñar. Es un factor en donde el sol impactará en las ventanas y que dependerá también del lugar donde esté el proyecto, EL buscar la mejor orientación de las ventanas permitirá que se pueda regular de manera natural el entrada y salida de calor al edificio por las ventanas. Y en caso de que no se pueda modificar la orientación del edificio debido a las colindancias, se tendrían que colocar protecciones solares en las ventanas para así, poder llevar a cabo la regulación de la temperatura al interior.

## EJEMPLOS DE PROTECCIONES SOLARES

### VOLADIZOS

En la arquitectura de las edificaciones existen protecciones fijas como pueden ser los voladizos. Estos son elementos constructivos situados en la fachada, habitualmente en la parte superior de las ventanas, que impiden la radiación solar directa sobre las mismas principalmente en las horas centrales del día, cuando el sol está más alto. Pueden integrarse en el diseño de la vivienda. Esta misma función del voladizo la puede hacer un balcón o una terraza situada en el piso superior.

Cierto tipo de voladizos, exclusivos para ventanas, se pueden instalar prácticamente en cualquier fachada.

### REMETIMIENTO DE LA VENTANA

Si la ventana está retraída al interior respecto a la fachada exterior, automáticamente se creará una protección solar que dependerá de la distancia entre la superficie de la ventana y la superficie exterior de la fachada. La limitación de la radiación solar afectará a todo el recorrido del sol.

### ENTORNO DE LA VIVIENDA

Muchas veces no se tiene control sobre el entorno de la vivienda, pero es un aspecto a tener en cuenta. Los edificios anexos muchas veces llegan a ser auténticos protectores externos. La parte negativa es la limitación de luz natural, que puede llegar a ser muy acusada en pisos localizados en calles estrechas o las grandes diferencias de alturas.

### VEGETACIÓN

Puede tener un efecto similar a las sombras que generan los edificios anexos. Sin embargo, si se tiene la fortuna de disfrutar de edificios con jardín, se puede plantar algún tipo de árbol que proteja del sol, si es posible, de hoja

caduca para que no quite demasiada luz solar en invierno. Además, la vegetación ofrece el efecto secundario de refrescar de forma natural el ambiente gracias a su capacidad de evapotranspiración.

## PROTECTORES SOLARES INSTALABLES

### PERSIANAS VENECIANAS Y CORTINAS

Son los dispositivos menos eficaces, ya que están colocados en el interior de la habitación, detrás del cristal. De esta forma, a pesar de que ofrecen un gran control y limitan la incidencia directa del sol, no evitan la entrada de la radiación solar pues el vidrio no está protegido.

### CORTINAS Y FORROS TÉRMICOS

Más indicadas para el invierno, ya que proporcionan un buen aislante de cara a la pérdida de calor por las ventanas, cumplen parcialmente su función en verano al protegernos de los rayos solares. La mayoría son opacas, con lo que limitan considerablemente el paso de luz, aunque hay modelos con colores más claros, más adaptados al verano, pero no tan eficaces en invierno.

### PERSIANAS ENROLLABLES Y CONTRAVENTANAS

Dependerá mucho del tipo de persiana y de su colocación. El color y el material también pueden llegar a influir considerablemente: una persiana de pvc de color oscuro será mucho menos eficaz que otra de color claro con láminas de aluminio y poliuretano expandido.

En cuanto a la ubicación, repetir lo que ya indicamos. Hay veces que, en ventanas de doble hoja, la persiana va colocada en medio. De esta forma no se tendrá que limpiarlas más a menudo, pero el aislamiento es menor que si estuviera en el exterior.

### LÁMINAS DE PROTECCIÓN SOLAR

En el mercado se puede encontrar varios tipos: interiores, exteriores, reflectantes y aislantes. Las láminas reflectantes exteriores (tipo espejo) son

las más adecuadas para verano, a la vez que ofrecen una eficaz protección contra los rayos ultravioleta y también contra los curiosos.

#### PROTECTORES DE LAMAS HORIZONTALES Y VERTICALES

Este tipo de protección es bastante eficaz, sobre todo en grandes edificios con fachadas acristaladas. Tiene la particularidad de absorber y reflejar la radiación solar, pero sin perjudicar la entrada de luz natural en el interior del edificio, y en el caso de las lamas móviles, permite la reorientación de la luz según las necesidades y la época del año.

A la vez que supone una mejora estética para la fachada, también ofrece una buena protección contra los reflejos y los deslumbramientos. Puedes optar por diferentes modelos: de lamas verticales u horizontales, móviles o fijas, de cristal o metálicas.

#### TOLDOS

Igual que en el resto de las demás protecciones, se tienen diferentes opciones: fijos o móviles, manuales o eléctricos, verticales, horizontales, proyectados, etc. Lo importante es conocer que es uno de los métodos de protección solar más eficaz, ya que impide la radiación directa de los rayos sobre las ventanas. Dependiendo del tipo y de su ubicación, también puede ser un buen sistema de protección contra la lluvia.

Hay toldos cuya regulación puede ser totalmente automática, incluyendo la programación de horarios de funcionamiento o el accionamiento mediante sensores externos de lluvia, viento y radiación solar.

# CLIMA

## CLIMA

Conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a ella. (Ashrae, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*)<sup>18</sup>

El clima es un factor clave para la naturaleza del lugar y las variaciones climáticas impactan muchos factores relacionados con la arquitectura.

En climas con temperaturas inclementes hay una clara distinción entre el interior y el exterior de un edificio. Se deberá prevenir que la lluvia entre en el edificio y la estructura en general deberá tener en cuenta este factor climático.

Para prevenir esto los edificios tienen canaletas, cañerías y techos en pendiente con un ángulo determinado que desagüe de manera eficiente y efectiva y esto afectará la forma y la apariencia del diseño arquitectónico.

La temperatura afectará el diseño arquitectónico. En temperaturas extremas la prioridad del diseño será asegurar que la estructura sea habitable y confortable, resguardada del medio ambiente.

Por ejemplo el clima frío necesita paredes gruesas para mantener el interior aislado de las bajas temperaturas.

Por otra parte, el clima cálido requerirá un diseño que asegure un interior fresco, utilizando materiales ligeros e incorporando características que prevengan el golpe de calor provocado por los rayos del sol, así también como el encandilamiento.

En estos climas, el diseño tiene que asegurar la ventilación y las corrientes de aire entre los distintos ambientes. (Farrelly)<sup>19</sup>

---

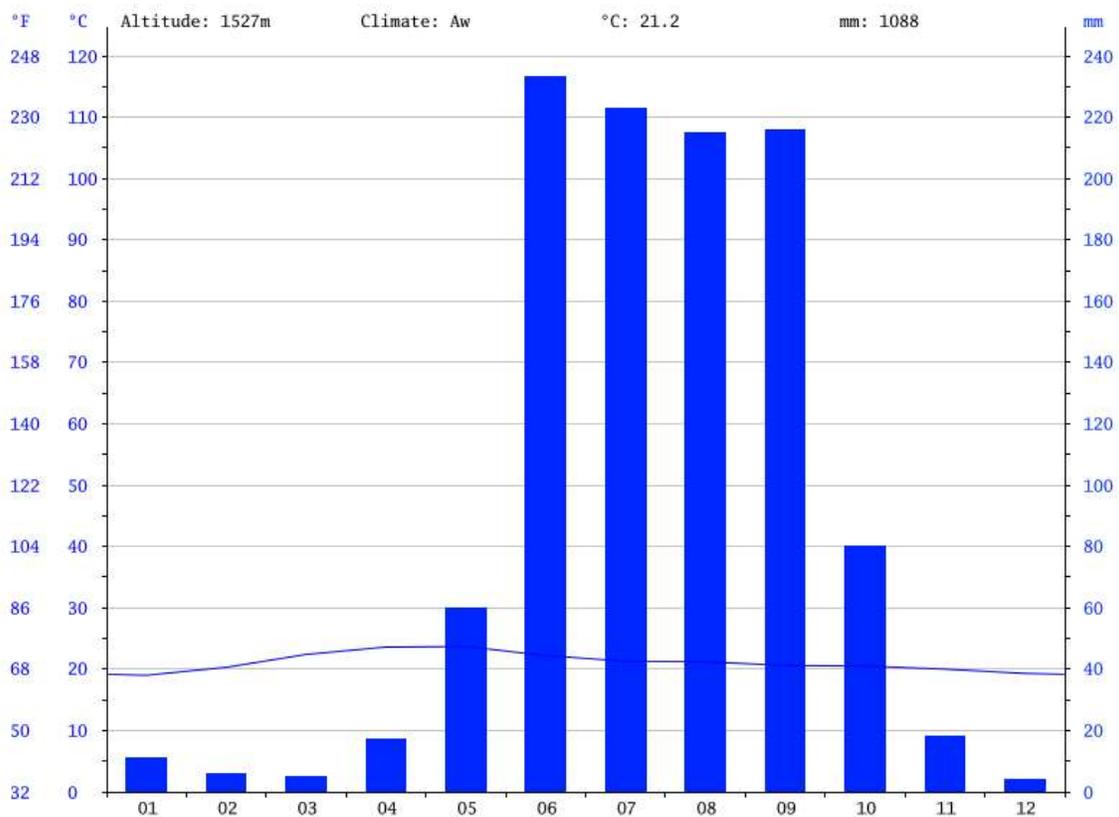
<sup>18</sup> 55-2004, Ashrae. "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy." 2004.

<sup>19</sup> Farrelly, Lorraine. *The Fundamentals of Architecture*. Lausanne: AVA Publishing, 200

## CLIMA EN CUERNAVACA

Se considera un clima de estepa local. A lo largo del año, Se dan pocas precipitaciones en Cuernavaca. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es BSh. La temperatura media anual es 24.0 ° C en Cuernavaca. La precipitación media aproximada es de 704 mm. (Org)<sup>20</sup>

### CLIMOGRAMA CUERNAVACA

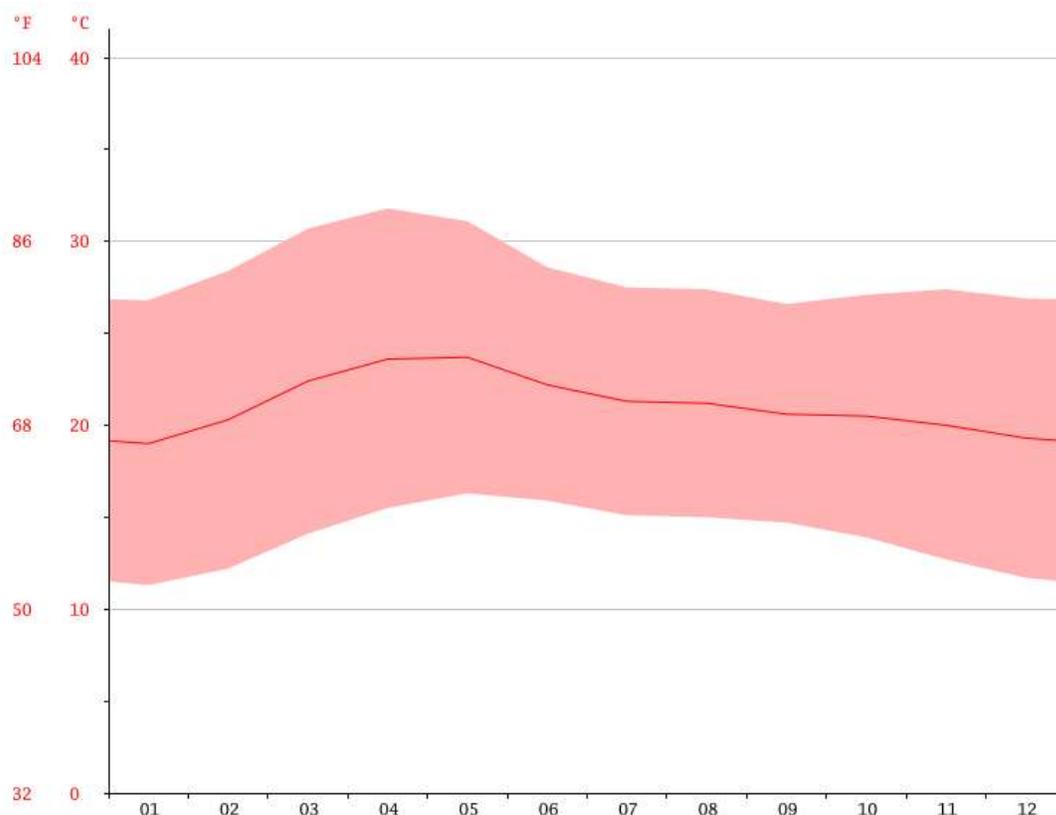


IMÁGEN 4 Climograma Cuernavaca

Imagen tomada del sitio: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/morelos/cuernavaca-1015/#climate-graph>

<sup>20</sup> <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/sonora/cuernavaca-232295/?amp=true>

## DIAGRAMA DE TEMPERATURA CUERNAVACA



IMÁGEN 5 Diagrama de temperatura Cuernavaca

Imagen tomada del sitio: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/morelos/cuernavaca-1015/#climate-graph>

## TABLA CLIMÁTICA – DATOS HISTORICOS DEL TIEMPO CUERNAVACA

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	19	20.3	22.4	23.6	23.7	22.2	21.3	21.2	20.6	20.5	20	19.3
Temperatura mín. (°C)	11.3	12.2	14.1	15.5	16.3	15.9	15.1	15	14.7	13.9	12.7	11.7
Temperatura máx. (°C)	26.8	28.4	30.7	31.8	31.1	28.6	27.5	27.4	26.6	27.1	27.4	26.9
Precipitación (mm)	11	6	5	17	60	233	223	215	216	80	18	4

IMÁGEN 6 Tabla datos históricos del tiempo de Cuernavaca

Imagen tomada del sitio: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/morelos/cuernavaca-1015/#climate-graph>

Hay una diferencia de 198 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. Las temperaturas medias varían durante el año en un 13.4°C

## TEMPERATURA

“Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el kelvin (K)”.

La temperatura del aire, según AEMET<sup>21</sup>, es la temperatura leída en un termómetro que está expuesto al aire protegido de la radiación solar. Aunque la unidad en el sistema internacional es Kelvin, hay otros archivos donde se encuentran medidas en grados centígrados ° C.

El estudio de las temperaturas medias a lo largo del año permite adecuar la fachada del edificio en función de ésta. En climas fríos interesa acumular el calor procedente de la radiación del sol, que se puede conseguir a través de materiales con cualidades térmicas. En climas cálidos, se evitará el sobrecalentamiento interior en el edificio, donde el sombreadamiento es imprescindible. En la búsqueda de una envolvente reguladora, se podrán emplear materiales o sistemas que puedan variar su forma en función del calor que los atraviese.

El cuerpo humano puede ser considerado como una maquina que dependiendo de su proceso metabolico produce calor (100W). El sistema termo regulador se encarga de matener una temperatura promedio dentro del cuerpo de 37°, este calor que se produce en el interior se transporta a la piel y de ahí a ciertos organos que le permiten al cuerpo regular el grado de disipación de calor por medio de los procesos de conducción, convección, radiación y evaporación.

---

<sup>21</sup> Agencia Estatal de Meteorología de España

Convección-Conducción: intercambio de calor por convección depende de la temperatura y el área del cuerpo expuesta, en la temperatura y movimiento del aire con relación a la piel y finalmente del efecto aislante de ropa.

Evaporación-Convección: las pérdidas de calor debidas a la evaporación dependen de cantidad de agua que se evapora en la superficie de la piel y en los pulmones y cuyo calor latente (vaporización) lo proporciona el cuerpo humano. El fenómeno se da aún cuando la temperatura ambiente y la temperatura media radiante se encuentren por arriba de la temperatura de la piel

Radiación: el intercambio de calor por radiación depende de la temperatura del cuerpo de su área expuesta, de la temperatura de las superficies que rodean al cuerpo y finalmente, del efecto aislante de la ropa. (Alcántara)<sup>22</sup>

## CLASIFICACIÓN DE CLIMAS POR SU TEMPERATURA

### **CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LOS GRUPOS CLIMÁTICOS SEGÚN KOPPEN**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>TEMPERATURA</b>
----------------	--------------------

<sup>22</sup> Alcántara, Leonardo B. Zeevaert. *Apuntes Interacción del medio ambiente y la envolvente arquitectónica*. México, 2015.

<b>ZONA CLIMÁTICA</b>		<b>MES MÁS CÁLIDO</b>	<b>MES MÁS FRÍO</b>
<b>TROPICAL</b>	A	Mayor a los 22 °C	Mayor a los 18 °C
<b>SECA</b>	B	Con grandes oscilaciones térmicas	
<b>TEMPLADA</b>	C	Mayor a los 18 °C	Mayor a los 0 °C
<b>FRÍO</b>	D	Mayor a los 19 °C	Menor a los 0 °C
<b>POLAR</b>	E	Menor a los 10 °C	Menor a los 0 °C

TABLA 1 Características térmicas de los grupos climáticos según Koppen Imagen tomada del sitio: [http://www.cursosinea.conevyt.org.mx/cursos/cnaturales\\_v2/interface/main/recursos/antologia/cnant\\_4\\_13.htm](http://www.cursosinea.conevyt.org.mx/cursos/cnaturales_v2/interface/main/recursos/antologia/cnant_4_13.htm)

Existen también otras variables que impiden el confort térmico como lo es:

- El metabolismo
- El efecto aislante de ropa
- La temperatura y humedad
- Efecto del movimiento del aire
- Efecto de la temperatura media radiante

## RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 6000 K (5727 °Celsius) en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear que producen una pérdida de masa que se transforma en energía.

Esta es la principal causa de calentamiento de los espacios interiores.

En la actualidad se utilizan sistemas mecánicos que mejoran el confort interior de los espacios sin embargo existen sistemas pasivos para mejorar las condiciones al interior de los espacios.

## CONFORT TÉRMICO

Es definido como el estado de la mente que expresa satisfacción con el medio térmico (77)<sup>23</sup>

## DISEÑO PASIVO

Las fachadas juegan un factor muy importante en la arquitectura. Éstas son las que nos mantiene aislados del ambiente exterior, protegiéndonos de temperaturas extremas. Los factores ambientales como lo son la ventilación, la iluminación natural, la humedad y la temperatura nos modifican el ambiente interior.

Un buen estudio del lugar donde se va a desarrollar para el diseño de las fachadas ayuda a evitar que en el interior se generen temperaturas inaceptables para las personas. En la actualidad las fachadas sin movimiento pueden generar un buen ambiente, pero no son lo suficientemente útiles para utilizarlas como elemento regulador.

Además, si las envolventes se les da movimiento, ayudarán a que se pueda generar ventilación e iluminación natural que beneficiara a tener mejora calidad del aire interior, el cual se ve contaminado por diversos agentes los cuales les afecta a los usuarios con síntomas que impiden llevar a cabo sus actividades correctamente.

Las construcciones juegan un papel importante en la vida de las personas, sin importar el género en cada uno de ellas se realizan actividades significativas, en mi investigación contemple un edificio de gobierno: Congreso del Estado de Morelos como caso de estudio, en donde llevan a

---

<sup>23</sup> 77, ASHRAE. *The calculation of air infiltration rates caused by wind and stack action for tall buildings*. 1977.

cabo sus actividades más de 1000 personas, para brindarles confort en los espacios donde realizan sus actividades cotidianas.

Calidad aceptable de aire interior: Aire en el cual no hay contaminantes conocidos en concentraciones nocivas como lo determinan las autoridades responsables y con el cual una mayoría substancial (80% o más) de las personas expuestas se sienten satisfechas. (Ashrae, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy)<sup>24</sup>

## VENTILACIÓN NATURAL

Ventilación producida por razón de diferencias de temperatura, el viento o la difusión a través de puertas, ventanas u otras aberturas intencionales del edificio.

## CONTROLES DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

Los sistemas de ventilación mecánica deberán incluir controles manuales o automáticos, que activarán la operación el sistema de ventilación siempre que los recintos estén ocupados. El sistema será diseñado para mantener el flujo de aire exterior mínimo requerido por la sección 6 bajo cualquier condición de carga.

Resistencia al crecimiento de moho: El material de las superficies debe ser seleccionado para que sea resistente al crecimiento de moho de acuerdo con un método de prueba estandarizado, entre los cuales "la prueba de humedad y el crecimiento de moho" de UL181,10 ASTM C 1338,11 u otros métodos de prueba comparables. (Ashrae, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy)<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> 55-2004, Ashrae. "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy." 2004.

<sup>25</sup> 55-2004, Ashrae. "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy." 2004.

## Temperatura de confort

La temperatura de confort, o confort térmico, es la temperatura a la que no tenemos sensación de frío ni de calor. Para saber cuál es la temperatura ideal para una casa necesitamos saber este valor, pero para obtenerlo tenemos que aprender que hay varios factores que influyen en ella.

La temperatura de confort varía en función de la actividad que se esté realizando. Por ejemplo, una temperatura que para una biblioteca sería válida, para una fábrica donde se realice trabajo físico será con toda seguridad excesiva.

Por eso decimos que hay varios factores que se deben tener en cuenta. Influirá el número de personas que se encuentren en una misma sala, la cantidad de ropa que lleven, el esfuerzo físico, la velocidad del aire, la humedad.

### FACTORES QUE INFLUYEN

Los principales parámetros a tener en cuenta son:

Los factores que afectaran a nuestra temperatura de confort en el sentido de que iremos más o menos abrigados. En verano usamos ropa más ligera, por lo que es interesante que la temperatura de nuestra vivienda nos permita ir de la misma manera. Y lo contrario para el invierno: nos abrigamos más, así que debemos tener una temperatura en nuestra casa con la que podamos estar en manga larga.

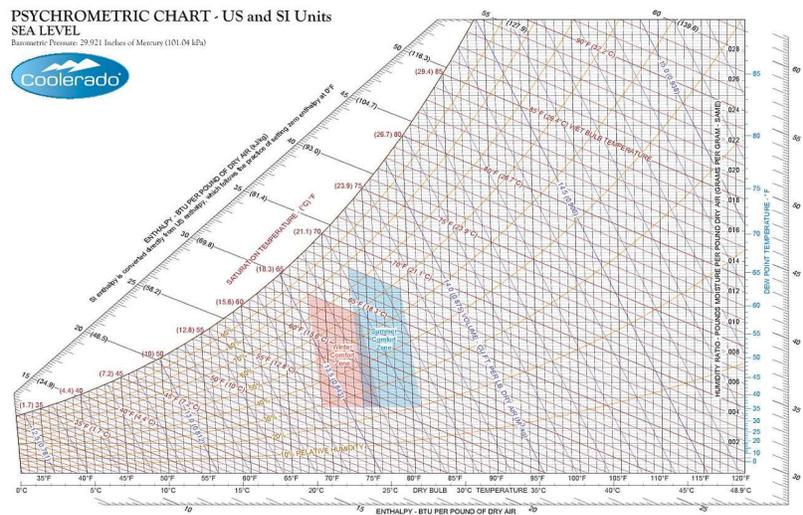
La humedad relativa influirá directamente en nuestra sensación térmica. Si tenemos una temperatura ambiente constante, pero varía la humedad relativa, nuestro cuerpo experimentará la sensación de que la temperatura ha cambiado. Es la denominada sensación térmica. Para tener en cuenta

este factor se suele emplear la *temperatura efectiva* o la *temperatura equivalente*, que relacionan la “temperatura seca” con la “temperatura húmeda”.

## TEMPERATURA CON RANGO ADAPTABLE

Para obtener la temperatura con rango adaptable existen programas que generan unos gráficos en función de los parámetros que hemos visto anteriormente. Uno de los más comunes es el de ASHRAE, en concreto el modelo 55, y en internet hay infinidad de documentación y gráficos con diferentes parámetros. A nosotros nos interesa un gráfico que relacione la humedad relativa y la temperatura seca (la que mide cualquier termómetro, sin necesidad de calcular la temperatura efectiva).

El gráfico que aparece a continuación es bastante completo y sirve a la perfección para poder averiguar cuál es la temperatura ideal para una casa. (77)<sup>26</sup>



IMÁGEN 7 Carta psicométrica

Imagen tomada del sitio: <http://bigit.karikaturize.com/psychrometric-chart/is-there-a-convenient-way-to-make-coolprop-generate-a.html>

<sup>26</sup> 77, ASHRAE. *The calculation of air infiltration rates caused by wind and stack action for tall buildings*. 1977.

En el gráfico se diferencian dos zonas:

La zona de la izquierda, de color rojo, representa el área con la temperatura de confort para el invierno. Considera que en esa época iremos más abrigados.

La zona de la derecha, de color azul, corresponde al verano. Vestimenta más ligera.

Las líneas de color marrón que cruzan de lado a lado marcan el valor de la humedad relativa. Tomando como ejemplo una humedad del 50 %, buscamos un punto central de cada una de las dos áreas. Una vez elegido el punto, buscaremos la temperatura que corresponde en el eje inferior (la temperatura seca). Los resultados son:

Temperatura ideal para el invierno: 22 °C

Temperatura ideal para el verano: 25 °C

Esta temperatura se basa en unas condiciones de humedad relativa del 50 % y ausencia de corrientes de aire. Esta zona de confort muestra que existe cierto margen. En invierno, por ejemplo, vemos que con una humedad del 50 % la temperatura de confort empieza a los 20,5 °C, por lo que podríamos poner la calefacción a partir de esa temperatura si queremos ahorrar. Si vamos al lado opuesto, a la temperatura más alta en verano, observamos que podemos alcanzar los 26 °C en esta época del año. Otro valor interesante si queremos ahorrar energía con el uso del aire acondicionado.

Estos valores de temperatura deberán ser mayores si la persona que va a habitar la vivienda es de edad avanzada o si su nivel de inactividad va a ser elevado.

Hemos visto que la norma 55 de ASHRAE nos sirve a la perfección para calcular la temperatura ideal en cualquier situación. En España existe la

norma UNE-EN ISO 7730:2006 (7730:2006)<sup>27</sup>, centrada en la determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.

Es una norma muy completa y nos da las fórmulas para calcular matemáticamente la temperatura de confort en cualquier situación (no solamente en una vivienda).

La ubicación de los proyectos será un factor muy importante, que ayudará para poder manipular las condiciones al interior. En conjunto con los materiales se experimentará con diferentes mecanismos dinámicos que puedan ayudar a que los espacios interiores tengan buena ventilación e iluminación natural, donde también puedan adaptarse a las diferentes condiciones del sitio donde se encuentre el proyecto.

En la actualidad existen muchos materiales y sistemas de sombreado que ya han sido estudiados, de los cuales integraré algunos en mi investigación para verificar su comportamiento y adaptarlos a las diferentes condiciones en la que las envolventes se van a diseñar.

En el siguiente trabajo se revisaron los colectores solares térmicos y sus componentes modificados para la integración de la fachada. Estas fachadas solares térmicas reemplazan los elementos de revestimiento para formar la línea del clima y combinar con el aislamiento térmico del edificio. Estos son los prominentes del edificio. Un fuerte enfoque de investigación para proporcionar color ha sido resaltado. Se han desarrollado recubrimientos de colores de vanguardia para mejorar la eficiencia óptica al colorear la cubierta (utilizando película delgada) o absorbente (utilizando revestimientos espectralmente selectivos). Materiales absorbentes

---

<sup>27</sup> 7730:2006, UNE-EN ISO. "Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005)." 2006.

alternativos (por ejemplo, cerámica, polímero, hormigón) a los materiales absorbentes metálicos tradicionales (por ejemplo, cobre, aluminio, acero) han ganado foco de investigación en el área de Colectores Solares Térmicos (Richard O'Hegarty)<sup>28</sup>

En esta investigación se propuso, un edificio prototipo con una doble piel en la fachada y su rendimiento de ventilación. Comparando con la doble piel convencional en fachadas, un espacio de almacenamiento térmico llamado chimenea solar es establecido sobre el espacio de doble piel para fortalecer el efecto de pila que ocurre en el espacio intermedio, y por lo tanto para asegurar la estabilidad de rendimiento de ventilación natural en todo el edificio. Es un modelo a escala reducida con experimentos y análisis de CFD que se llevan a cabo para desplegar discusiones de detalle. Lo apropiado del modelo de CFD es el rendimiento probado y detallado de la ventilación del prototipo de la construcción, se lleva a cabo utilizando un modelo de CFD a escala real. (Wenting Dinga)<sup>29</sup>

Las fachadas dinámicas siguen siendo desconocidas, a pesar de tener un gran desarrollo en los últimos años. Son todavía muy pocos los edificios que emplean el movimiento de su envolvente como un controlador de la energía que pasa a su interior, adecuándola a las necesidades humanas de bienestar.

Aunque esté demostrada la reducción del consumo en edificios con fachadas cinéticas, habrá que esperar unas décadas más para verlas implantadas en todos los edificios de nueva construcción. Estas envolventes

---

<sup>28</sup> Richard O'Hegarty, Oliver Kinnane, Sarah J. McCormack. "Review and analysis of solar thermal facades." *Elsevier* (2016).

<sup>29</sup> Wenting Dinga, Yuji Hasemia, Tokiyoshi Yamadab. "Natural ventilation performance of a double-skin." *Elsevier* (2004).

---

son más caras que las tradicionales, con una inversión inicial tan elevada que hace que sean muy pocos los edificios que las puedan costear, excluyendo así prácticamente todos los residenciales. Pese al gran avance de la tecnología, los edificios tienen un ciclo de vida de hasta 100 años, por lo que no se pueden renovar a la misma velocidad que otros sectores, provocando un desarrollo más lento.



# REVISIÓN DE LA LITERATURA



## REVISIÓN DE LA LITERATURA.

Junto con la llegada de la arquitectura contemporánea se produce un cambio de paradigma en cuanto la fachada deja de ser un elemento pesado y estructural de un edificio, para transformarse en una envolvente, piel o membrana, capaz de proteger su interior, actuar como filtro del sol o el viento, mejorar las condiciones térmicas interiores, ser vegetal e incluso, ser móvil y tecnológica.

Hoy, la transformación de la arquitectura además de estar vinculada a un aspecto cultural, se relaciona intrínsecamente con el avance de la tecnología y nuevos materiales. De esta manera como arquitectos es importante mantenerse informados en cuanto a la serie de posibles soluciones a la hora de proyectar. La piel es filtro, transparencia, protección, privacidad, movimiento, cortina, amortiguador y bienestar interior.

En definitiva, la arquitectura busca la piel idónea para un cuerpo cada vez más dinámico y exigente. A continuación, les mostramos una recopilación de obras y artículos que se han destacado por el uso de su envolvente.

### EDIFICIO DE OFICINAS DEL CENTRO TECNOLÓGICO DE HISPASAT / HERREROS ARQUITECTOS

El elemento más especial del proyecto es su fachada. Concebida con el triple objetivo de dotar de una nueva imagen a la compañía; controlar las radiaciones solares; y matizar las vistas y ofrecer un valor añadido en materia de seguridad y mantenimiento.

### CASA MANIFESTO / ESTUDIO ARQUITECTURA JAMES AND MAU, PARA INFINISKI

Se utilizaron dos tipos de piel en fachada: una a base de lamas de madera horizontales fijas y otra de pallets móviles que se pueden abrir de manera

individual para controlar la radiación solar. La piel sirve además como acabado estético que se integra en su entorno rural.

#### CUBO NARANJO / JAKOB + MACFARLANE ARCHITECTS

La piel traslúcida con aberturas aparentemente al azar se complementa con otra fachada, traspasada por los patrones que acompañan el movimiento del río. El color naranja hace referencia a la pintura con plomo, un color industrial de uso frecuente.

#### CASA VOLGA / PETER KOSTELOV

Una gran relevancia tiene la piel de fachada en esta casa, ya que se construye a través de un patchwork de diferentes tipos y colores de madera. Emulando el estilo tradicional dicha de las casas de campo rusas, los fragmentos pintados de diferentes tonos de café, se disponen en diferentes ángulos para regular la luz del sol.

#### FACHADAS HOMEOSTÁTICAS

Este prototipo de fachadas homeostáticas es un sistema innovador para el diseño de edificios verdes. Las líneas dispuestas como laberintos están formadas por un material flexible que se dobla como un músculo artificial, filtrando el calor solar a través de la variación de su forma.

#### FACHADAS INTELIGENTES

Es una exploración que surge de la tesis desarrollada por Marilena Skavara, que explora un nuevo campo de posibilidades y comportamientos en los Automatas Celulares (AA.CC). Los AA.CC son un grupo de objetos que interactúan dentro de una grilla, pero que alcanzan comportamientos independientes.

#### REVESTIMIENTOS METÁLICOS PARA LA ARQUITECTURA DE LOS GRANDES EDIFICIOS

Wired, destacada revista de tecnología, nos revela las respuestas en un interesante artículo donde destaca el increíble trabajo tras las placas metálicas de grandes proyectos.

#### FACHADA INTELIGENTE EN ADIC HEADQUARTERS / AEDAS

Aedas desarrolló el diseño de dos torres para ADIC y, junto a Arup, trabajaron en conjunto para construir unas placas fotosensibles móviles, que según la intensidad y ángulo solar pueden actuar como filtro disminuyendo en un 50% el brillo.

Los ejemplos mencionados anteriormente son de envolventes que se han desarrollado donde se observa cómo pueden funcionar para poder regular los espacios interiores lo que me permite realizar un análisis de lo que se ha realizado anteriormente y que no es un tema nuevo ya que siempre se ha utilizado las envolventes como protección, sin embargo, con ayuda de la tecnología se pueden diseñar mejores envolventes que realmente puedan brindar el confort a los usuarios.

Hoy en día se han desarrollado sistemas de envolventes que permiten a los usuarios llevar sus actividades de forma adecuada dentro de los edificios. Aprovechando las condiciones climáticas de cada ciudad lo cual conlleva a cosechar energía para el consumo energético de los edificios, en donde se beneficia económicamente y ayuda al medio ambiente para no dañarlo de manera significativa.

Dylan Andrade Sánchez, llevo a cabo la investigación de: Arquitectura cinética interactiva por medio de reconocimiento de gestos en donde el sistema cinético interactivo posibilitara el cambio morfológico del prototipo haciendo participe a los usuarios por medio de gestos, para articular una relación entre las personas y el espacio arquitectónico. También a que el

usuario influya directamente en el cambio de forma de una edificación de acuerdo a como se necesite.<sup>30</sup> (Sánchez)

Gustavo Isaac Moya González – llevo a cabo la investigación de: *Envolvente cinética, hacia una superficie adaptable al medio ambiente*, en donde mediante el desarrollo de un prototipo de envolvente cinética se regulara la radiación solar, iluminación natural y ventilación natural con la finalidad de proveer una permisibilidad colectiva de variables introducidas al espacio arquitectónico, optimizando la regularidad de las condiciones de confort al interior del edificio. (G. I. González)<sup>31</sup>

Víctor Hugo Acosta Serratos – llevo a cabo la investigación de: *Paneles Ligeros y pesados en la envolvente arquitectónica* en donde da a conocer los beneficios que otorga realizar una envolvente arquitectónica con el conocimiento sobre las tecnologías en el sistema de paneles arquitectónicos y los avances en el área de la construcción. (Serratos)<sup>32</sup>

Víctor Hugo Roldán González – llevo a cabo la investigación de: *Consideraciones Bioclimáticas aplicadas al diseño de velarías* en donde se puedan diseñar estructuras de membranas, demostrando su adaptabilidad y funcionalidad para cubrir todo tipo de espacios de manera eficiente, utilizando tecnología y mano de obra nacionales. (V. H. González)<sup>33</sup>

---

<sup>30</sup> Sánchez, Dylan Andrade. *Tesis Maestría Arquitectura cinética interactiva por medio de reconocimiento de gestos*. México: UNAM, 2017.

<sup>31</sup> González, Gustavo Isaac Moya. *Tesis de Maestría: Envolverte Cinética: hacia una superficie adaptable al medio ambiente*. México: UNAM, 2017.

<sup>32</sup> Serratos, Víctor Hugo Acosta. *Paneles ligeros y pesados en la envolvente arquitectónica*. México: UNAM, 2015.

<sup>33</sup> González, Víctor Hugo Roldán. *Consideraciones bioclimáticas aplicadas al diseño de velarías*. México: UNAM, 2009.

## ARTÍCULOS

Se han desarrollado evaluaciones de los impactos ambientales en la construcción sobre planificadores de apoyo en las primeras fases de selección de materiales, en donde se pretende estimar los impactos ambientales para diferentes combinaciones de conjuntos de envolventes de edificios, basados en indicadores de sostenibilidad científicamente reconocidos. (Huedo, Mulet y López Mesa)

En otras investigaciones se estudia la influencia que tienen los usuarios para el rendimiento energético de los edificios, especialmente en áreas de clima cálido y que esto puede cambiar las cargas de calefacción y enfriamiento hasta alrededor del 90%. También se debe de tomar en cuenta las cargas térmicas que generan los distintos estilos de vida de los usuarios para la selección de materiales en las envolventes. (Yousefi, Gholipour y Yan).

También se han realizado investigaciones donde proponen un modelo exploratorio sobre la usabilidad de un proceso de prototipo para el diseño de fachadas inteligentes que se adapten a las condiciones ambientales, transformando su forma y funciones. (Kim).

Hablando de fachadas inteligentes, también se han desarrollado otras investigaciones donde proponen fachadas dinámicas con paneles accionados por aleaciones con memoria de forma, destinados a mejorar el rendimiento arquitectónico y energético de los edificios, sin el uso de energía eléctrica. (Formentini y Lenci).

Las fachadas al jugar un papel muy importante, son ocupadas como aislantes térmicos en zonas muy frías, en donde suele ocuparse más del 50% de consumo energético para calefacción. Para bajar el consumo de energía se han desarrollado estudios de la conducción térmica de los materiales de la envolvente del edificio, en donde evita que se pierda

temperatura al interior e impedir que las temperaturas bajas del exterior sean transmitidas al interior. (Shaa, Xua y Feng a).

En la fachada también se debe de contemplar que tipo de materiales se van a utilizar, en un artículo se estudia la transferencia de calor en una fachada integrada de doble piel (FDP) y material de cambio de fase. Este estudio ha demostrado que el sistema de persianas SP integrado fue capaz de reducir la temperatura promedio del aire y la temperatura de salida de la FDP al tiempo que mejora la transferencia de calor por convección entre el aire de la cavidad y las cuchillas. Comparado con la persiana de aluminio, la persiana SP puede absorber gran cantidad de calor excesivo en la cavidad. En general el sistema integrado de persianas SP tiene el potencial de ser utilizado como un dispositivo de gestión térmica eficaz para minimizar el efecto de sobrecalentamiento en las FDP. (Li, Darkwa y Kokogiannakis).

La aplicación de materiales aislantes para la renovación energética de edificios mejora la transmisión térmica de la envolvente. Sin embargo, si no se planifica y realiza correctamente, podría reducir el potencial de secado de la pared, modificando sus características originales y dejándola en general más húmeda. Para evitar cualquier problema relacionado con la mayor presencia de agua en la envoltura del edificio, es esencial realizar las llamadas evaluaciones higrotérmicas. El objetivo de la investigación mencionada anteriormente, es comparar Glaser y métodos dinámicos y resaltar sus ventajas y desventajas, considerando los diferentes enfoques para la evaluación no solo de la condensación intersticial superficial, sino también de la durabilidad, considerando ataque biológico, ciclos de congelación / descongelación, corrosión, etc (Cascione, Marra y Zirkelbac)

En otras investigaciones se presenta un estudio de simulación sobre una fachada ventilada innovadora que utiliza aire de escape interior. Un modelo

numérico del módulo básico de fachada ventilada fue desarrollado y validado con los datos experimentales. El estudio investigó el ahorro de energía de la fachada ventilada en las temporadas de calefacción y refrigeración. Los efectos de la configuración de los materiales en la ventilación También se estudiaron la fachada y los impactos del caudal de aire de la cavidad sobre el rendimiento térmico de la fachada. Los resultados demostraron la fachada ventilada tiene un excelente rendimiento de ahorro de energía en comparación con la fachada con su cavidad cerrada. (Liua, Yua y Zhanga)

El aislamiento térmico juega un papel importante en el ahorro de energía. Se han llevado a cabo otras investigaciones donde estudian el rendimiento de aislamiento térmico de la placa de fibra de vidrio utilizada para la envolvente de la construcción interior. Las simulaciones se llevaron a cabo en dos zonas climáticas diferentes en el norte de China. Los resultados simulados indicaron que hubo un considerable potencial de ahorro de energía mediante el uso de tableros de fibra de vidrio como el aislamiento interior del edificio. (Caoa, Liua y Caoa)

## NORMAS OFICIALES MEXICANAS 008 Y 020

### **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-ENER-2001, EFICIENCIA ENERGETICA EN EDIFICACIONES, ENVOLVENTE DE EDIFICIOS NO RESIDENCIALES Y NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-020-ENER-2011, EFICIENCIA ENERGETICA EN EDIFICACIONES, ENVOLVENTE DE EDIFICIOS PARA USO HABITACIONAL.**

Estas Normas tienen como propósito limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente para racionalizar el uso de energía en los sistemas de enfriamiento. Éste se aplica para edificaciones nuevas y ampliaciones de edificios ya existentes.

Estas Normas toman en cuenta las orientaciones de las diferentes partes de las envolventes, la ubicación de la edificación para poderle dar valores y manejan un valor estándar de fachada opaco (muro) y fachada transparente (cristales); para así calcularlo por medio de unas formulas, saber si el edificio pasa la Norma o se tiene que realizar modificaciones.

Es un cálculo muy sencillo de realizar, ya que la misma Norma te da los valores de acuerdo a cada ciudad y orientación, sin embargo, al momento de poner el porcentaje de fachada opaca y transparente, es un valor que no lo cambian y ahí es donde se genera la confusión que la Norma no es aplicable para las edificaciones en donde la fachada transparente puede tener un valor mayor que la fachada opaca y en el peor de los casos cuando las fachadas son totalmente transparentes. Entonces es por ello que deberían realizarse algunas modificaciones basándose en las Normas para poder llevar a cabo o realizar cálculos más reales de las edificaciones.

Además de que también se deben tomar en cuenta las características de los materiales de cada edificación ya que esto modificaría el calor por conducción que llegue al interior. Este es un factor muy importante que juega en las envolventes para el control térmico del exterior al interior.

# DESARROLLO EXPERIMENTAL



## DESARROLLO EXPERIMENTAL

### VARIABLES DEPENDIENTES

- CONDICIONES INTERIORES

No se manipula, se mide los desempeños físicos de un espacio interior: Temperatura y Humedad con el instrumento de medición Onset HOBO U12-013 Data Logger para: Iluminación (lux), temperatura (C°), humedad (%), al igual que con una estación metereológica personal NETATMO para: temperatura: (C°), humedad (%) y Co2 (ppm).

### VARIABLES INDEPENDIENTES

- DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Son la considerada causa del fenómeno que se está estudiando (comportamiento térmico interior).

**Materiales** (espesor, conductividad térmica y área) y **ganancias de calor** (conducción y radiación). Estas variables son la que la NOM-008-ENER-2001 y los cálculos están considerando para poder desarrollar el trabajo de investigación.

- Espesor: m. Grosor de un sólido. (Cayo, Cortez y Zavala).
- Conductividad térmica: propiedad física que describe la capacidad de un material de transferir calor por conducción, esto es, por contacto directo y sin intercambio de materia. (Ashrae, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy)
- Envoltente de un edificio: Está formada por techo, paredes, vanos, piso y superficies inferiores, que conforman el espacio interior de un edificio. (Energéticos, NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011,

Eficiencia energética en edificaciones. Envolverte de edificios para uso habitacional.)

- Ganancia de calor por conducción: Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación. (Energéticos, NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones. Envolverte de edificios para uso habitacional.)
- Ganancia de calor por radiación: Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes transparentes. (Energéticos, NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones. Envolverte de edificios para uso habitacional.)

**Transmitancia térmica**, también llamado Valor U. Es el valor que nos permite conocer su nivel de aislamiento térmico en relación al **porcentaje de energía que lo atraviesa**; si el número resultante es bajo tendremos una superficie bien aislada y, por el contrario, un número alto nos alerta de una superficie deficiente térmicamente. (Franco).

Los materiales que se elegirán para llevar a cabo el análisis del comportamiento en el interior del espacio son los que presentan un bajo valor de transmitancia térmica.

## 1. MURO CON SISTEMA PRECOR 2"

MURO CON SISTEMA PRECOR 2" DE EXTERIOR A INTERIOR					
		e	K	R	U
Resistencia Superficie Interior	Rsi			0.123	
Pasta al interior		0.001	-	-	-
PRECOR 2"		0.050	0.012	4.170	0.240
Durok		0.070	0.034	0.260	3.846
Cavidad		0.064		0.350	2.857
Tablaroca		0.013	0.135	0.096	10.385
Pasta al Exterior		0.001	-	-	-
Resistencia Superficie Exterior	Rse			0.055	
<b>Valor U</b>				<b>5.054</b>	<b>0.198</b>

TABLA 2 Valores de transmitancia de calor del muro PRECOR 2"  
Tabla elaborada por el autor

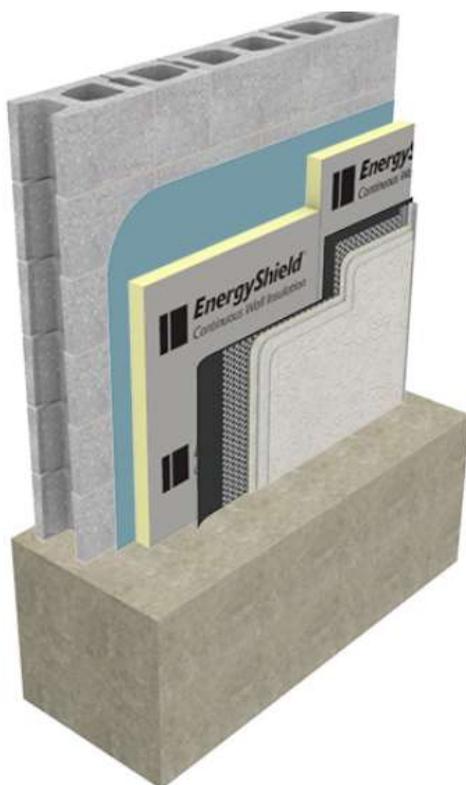


IMÁGEN 8 Sistema constructivo de muro PRECOR 2"  
Imagen tomada del sitio: <http://www.corev.com.mx/precors-1>

## 2. MURO MULTIPANEL ATLAS WALL ENERGYSHIELD

MURO MULTIPANEL ATLAS WALL 0.75" ENERGYSHIELD					
		e	K	R	U
Resistencia Superficie Interior	Rsi			0.123	
Pasta al interior		0.001	-	-	-
Multipanel ATLAS wall		0.013	0.003	5.000	0.200
Block		0.120	0.190	0.632	1.583
Pasta al Exterior		0.001	-	-	-
Resistencia Superficie Exterior	Rse			0.055	
<b>Valor U</b>				<b>5.810</b>	<b>0.172</b>

TABLA 3 Valores de transmitancia de calor del muro MULTIPANEL ATLAS WALL ENERGYSHIELD  
Tabla elaborada por el autor



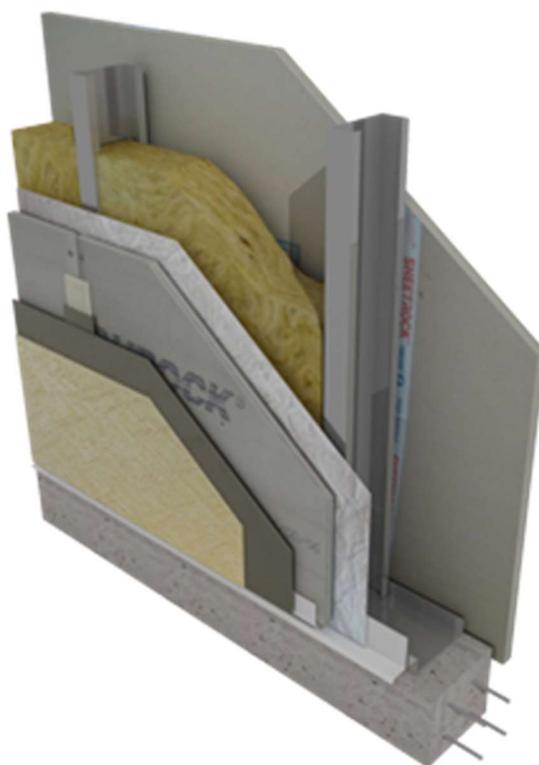
IMÁGEN 9 Sistema constructivo del muro MULTIPANEL ATLAS WALL ENERGYSHIELD  
Imagen tomada del sitio: <http://wall.atlaswi.com/products/residentiallight-commercial/energysield/>

Imagen 9: **MURO MIXTO DE DUROK Y TABLAROCA CON SISTEMA DE AISLAMIENTO**

<b>MURO DUROCK CON SISTEMA DE AISLAMIENTO EXTERIOR CON PASTA EN EL INTERIOR Y EXTERIOR</b>					
		e	K	R	U
Resistencia Superficie Interior	Rsi			0.123	
Pasta al interior		0.001	-	-	-
Tablaroca		0.013	0.135	0.096	10.385
Cavidad		0.064		0.350	2.857
Durok		0.070	0.034	0.260	3.846
Panel de Poliestireno		0.025	0.007	3.800	0.263
Pasta al Exterior		0.001	-	-	-
Resistencia Superficie Exterior	Rse			0.055	
<b>Valor U</b>				<b>4.684</b>	<b>0.213</b>

TABLA 4 Valores de transmitancia de calor del muro mixto de DUROCK y TABLAROCA con sistema de aislamiento

Tabla elaborada por el autor



IMÁGEN 10 Sistema constructivo de muro mixto de DUROCK y TABLAROCA con sistema de aislamiento

Imagen tomada del sitio: <http://wall.atlasrwi.com/products/residentiallight-commercial/energyshield/>

## VARIABLES INTERMEDIARIAS

- **CONDICIONES EXTERIORES:**  
TEMPERATURA AMBIENTE Y HUMEDAD RELATIVA.

Actúan de enlace entre la causa y efecto.

La temperatura del aire, según AEMET (España), es la temperatura leída en un termómetro que está expuesto al aire protegido de la radiación solar. Aunque la unidad en el sistema internacional es Kelvin, hay otros archivos donde se encuentran medidas en grados centígrados ° C.

La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en cualquier momento determinado. (Ashrae, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy)

## CARACTERÍSTICAS OBSERVABLES

Las mediciones que se llevaron a cabo son de temperatura y humedad a través de los instrumentos de los Onset HOBO U12-013 Data Logger, estas mediciones se realizaron en las instalaciones de la nueva sede del Congreso del Estado de Morelos, en donde se encuentra con condiciones reales sin ninguna manipulación, para verificar la temperatura que se genera con los materiales de construcción convencionales, sin que existiera algún análisis previo para el diseño de las fachadas de acuerdo a las condiciones ambientales.

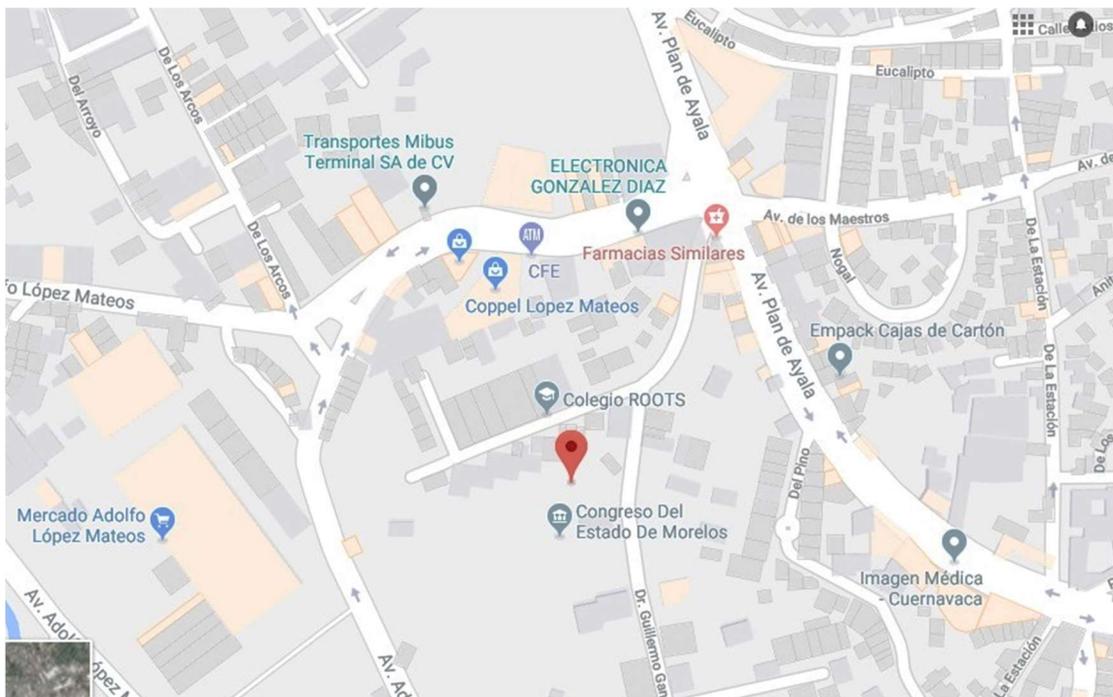
Se eligieron materiales con transmitancia térmica baja con la finalidad de poder bajar la temperatura y humedad generadas al interior, debido a las condiciones externas del sitio, en la simulación del espacio.

## MANIPULACIÓN DE VARIABLES

Para la simulación se utilizaron 3 materiales con valor U bajo comparado con los sistemas de construcción convencionales, para poder lograr la regulación de Temperatura y humedad del espacio interior.

En las mediciones no se realizaron manipulaciones, ya que lo que se necesita es conocer las condiciones reales generadas en el espacio interior, en relación con la temperatura y humedad, dichas variables se contemplaron para analizar los efectos que van a tener las ganancias de calor de las envolventes con la NOM-008-ENER-2001. (Energéticos, Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.).

## APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO

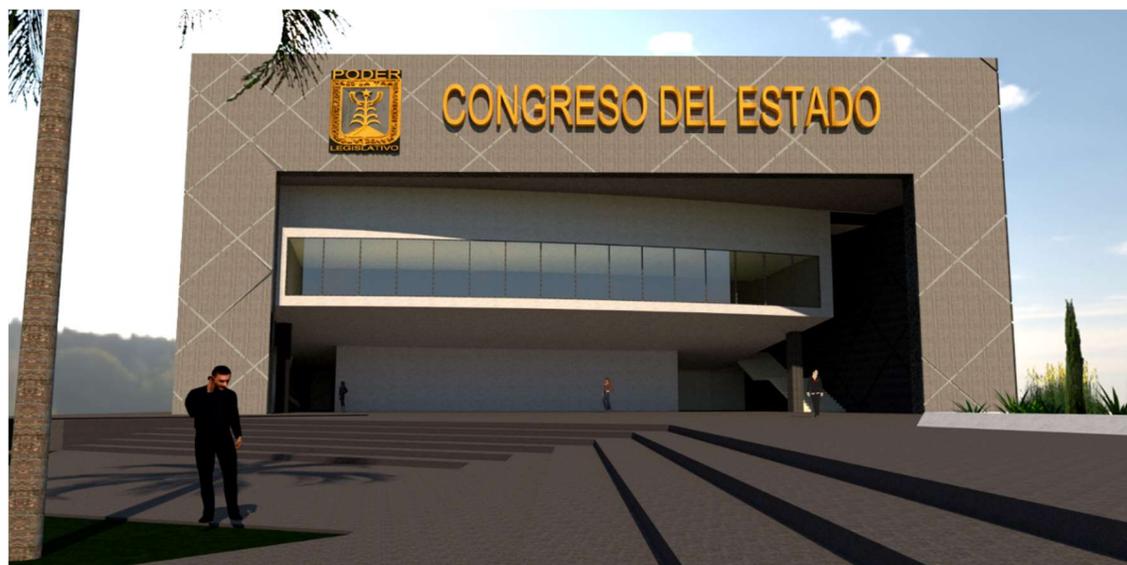


IMÁGEN 11 Croquis de Localización del Congreso del Estado de Morelos  
Imagen tomada de: Google maps

Para llevar a cabo el método primero se identificó el proyecto, La nueva sede del Congreso de Morelos el cual se ubica en Cuernavaca Morelos. También se conoce los materiales con los que está construido de los cuales son sistemas convencionales: block ligero con recubrimiento de cantera en unos muros y durock con tabla roca con acabado en pasta en el resto de los muros, con ventanas fijas de vidrio templado de 9mm.



IMÁGEN 12 Render Congreso del Estado de Morelos.  
Imagen elaborada por el autor



IMÁGEN 13 Render Congreso del Estado de Morelos.  
Imagen elaborada por el autor

## MEDICIONES EN SITIO

Se llevaron a cabo mediciones con los instrumentos Onset HOBO U12-013 Data Logger para: Iluminación (lux), temperatura (C°), humedad (%), en el sitio para conocer las condiciones reales en las que se encuentra en el espacio interior.



IMÁGEN 14 Onset HOBO U12-013 Data Logger  
Imagen tomada del sitio: <https://images.app.goo.gl/ahSppVRLqAsQH8Mn7>



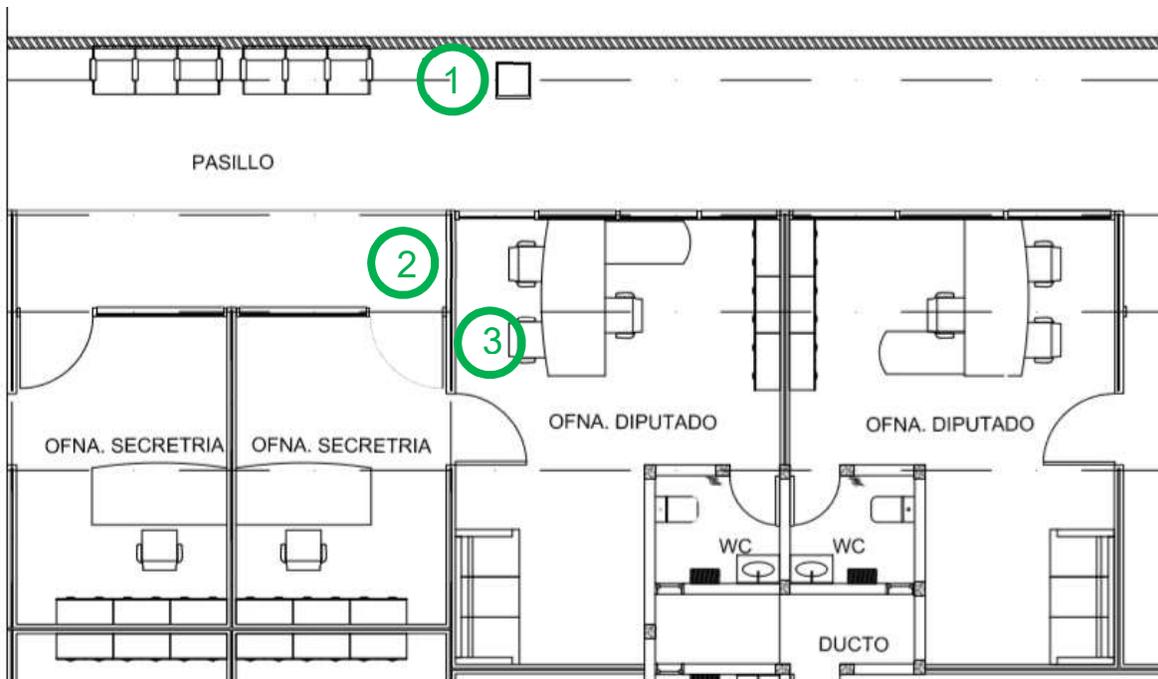
IMÁGEN 15 Estación meteorológica personal NETATMO  
Imagen tomada del sitio: <https://www.apple.com/es/shop/product/HNTG2ZM/A/estaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica-inteligente-de-netatmo>

Por lo cual primero se configuraron los instrumentos de medición Onset HOBO U12-013 Data Logger, se conectó en la computadora y se abrió el programa de HOBOWare en el cual se indicó el día 13 de Agosto de 2018 a las 14:00hrs para comenzar a medir Temperatura y Humedad.

1. Posterior se colocaron los equipos en 3 diferentes muros de los espacios donde se requieren las mediciones a una altura de 1.50m que aproximadamente es en donde los usuarios tienen la percepción de las condiciones.
2. Se descargaron los datos el día 02 de Octubre de 2018, en donde se volvió a conectar a la computadora y se abrió el programa de HOBOWare
3. Se realizan gráficas de la temperatura y humedad de los datos obtenidos para poderlos analizar.

Y con la Estación meteorológica personal NETATMO se midió: temperatura: (C°), humedad (%) y Co2 (ppm). del exterior.

1. Para conectar dichos instrumentos, se descargó la aplicación de NETAMO en el celular y se configuro para que comenzaran a medir. De esta estación meteorológica se están obteniendo datos del interior y del exterior, los cuales servirán para comparar los datos.



IMÁGEN 16 Ubicación de HOBOS midiendo en el edificio de la nueva Sede del Estado de Morelos.  
 Imagen elaborada por el autor



IMÁGEN 17 Ubicación de HOBOS midiendo en el edificio de la nueva Sede del Estado de Morelos.  
 Imágenes tomadas por el autor

IMÁGEN 18 Ubicación de HOBOS midiendo en el edificio de la nueva Sede del Estado de Morelos.  
 Imágenes tomadas por el autor

		DIA	MÁXIMO	DIA	MÍNIMO	PROMEDIO
1	TEMPERATURA	08/28/18 05:40:00 PM	43.359°	09/28/18 07:25:00 AM 09/28/18 07:30:00 AM 09/28/18 07:35:00 AM	23.292°	28.631°
	HUMEDAD	09/05/2018 09:00	64.93%	13,14,17,24,26 Y 28 SEP ENTRE 5:00 Y 6:55 PM 6,21 Y 22 OCT ENTRE 5:00 Y 6:55 PM	15%	41.11°
2	TEMPERATURA	09/06/2018 19:05	40.992°	09/14/18 11:25:00 AM	23.869°	28.232°
		09/06/2018 19:10		09/14/18 11:30:00 AM		
				09/28/18 07:25:00 AM		
				09/28/18 07:30:00 AM 09/28/18 07:35:00 AM		
HUMEDAD	09/05/2018 08:55	60.88%	09/06/2018 19:05 09/06/2018 19:10	18.09%	41.73°	
3	TEMPERATURA	08/21/18 07:00:00 PM	33.639°	09/14/18 02:15:00 PM	19.853°	27.672°
		08/21/18 07:05:00 PM				
		08/21/18 07:10:00 PM				
	HUMEDAD	09/14/18 12:40:00 PM	60.85%	08/14/18 07:00:00 PM	33.46%	44.76°

TABLA 5 Valores máximos, mínimos y promedios de temperatura y humedad de los 3 HOBOS que midieron.

Tabla elaborada por el autor

## CÁLCULO TÉRMICO

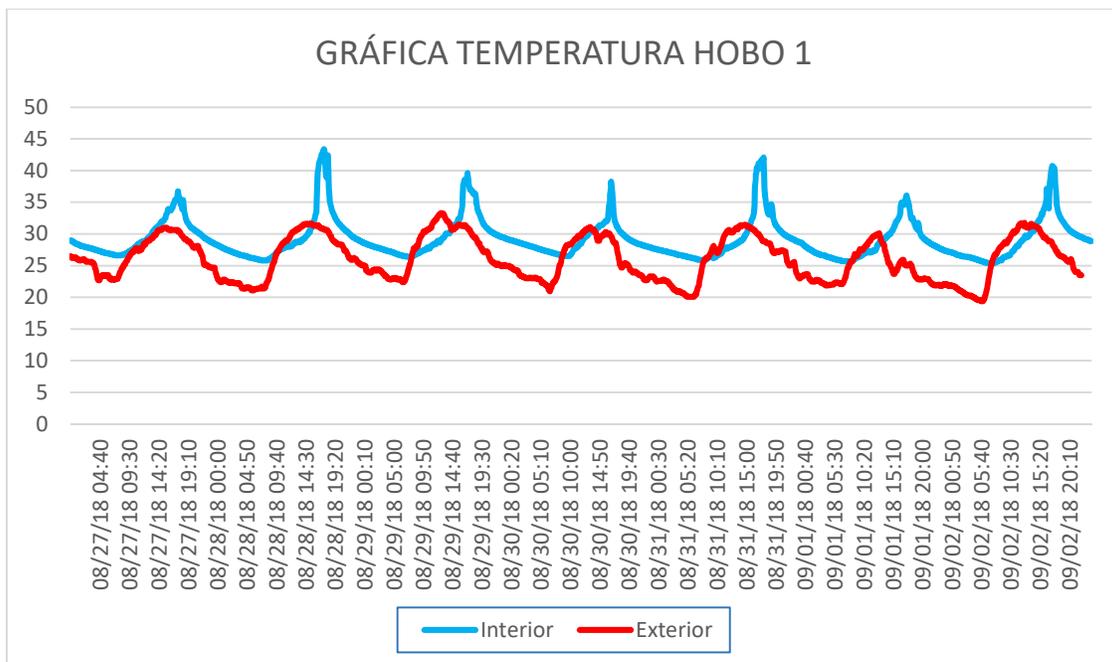
Se realizó el cálculo con NOM 008-ENER-2001, de la siguiente manera:

1. Primero llene la hoja de datos del proyecto, indicando: Ubicación, latitud, temperatura al interior y exterior, indique de acuerdo a la hoja de valores que la norma presenta, las temperaturas de las fachadas en las 4 orientaciones, la transferencia de calor y la ganancia de calor de los diferentes elementos constructivos, también se proporciona si existen elementos de sombreado.
2. Posterior realicé el cálculo del coeficiente global de Transferencia de Calor los diferentes materiales de la Envolvente (en este caso son de block ligero con recubrimiento de cantera en unos muros y durock con tabla roca con acabado en pasta en el resto de los muros, con ventanas fijas de vidrio templado de 9mm), en el cual ocupé las características del espesor y conductividad térmica de cada material.
3. Luego calculé la ganancia de calor de un edificio de referencia, en donde utilicé el valor calculado de los coeficientes global de Transferencia de calor de los materiales antes calculados, el área y la temperatura equivalente.
4. Realicé una comparación de las ganancias de calor entre el edificio proyectado y el edificio referencia, en donde el edificio proyectado tiene una mayor ganancia de calor que la del edificio referencia, por lo que se dice este edificio no pasa la normatividad.

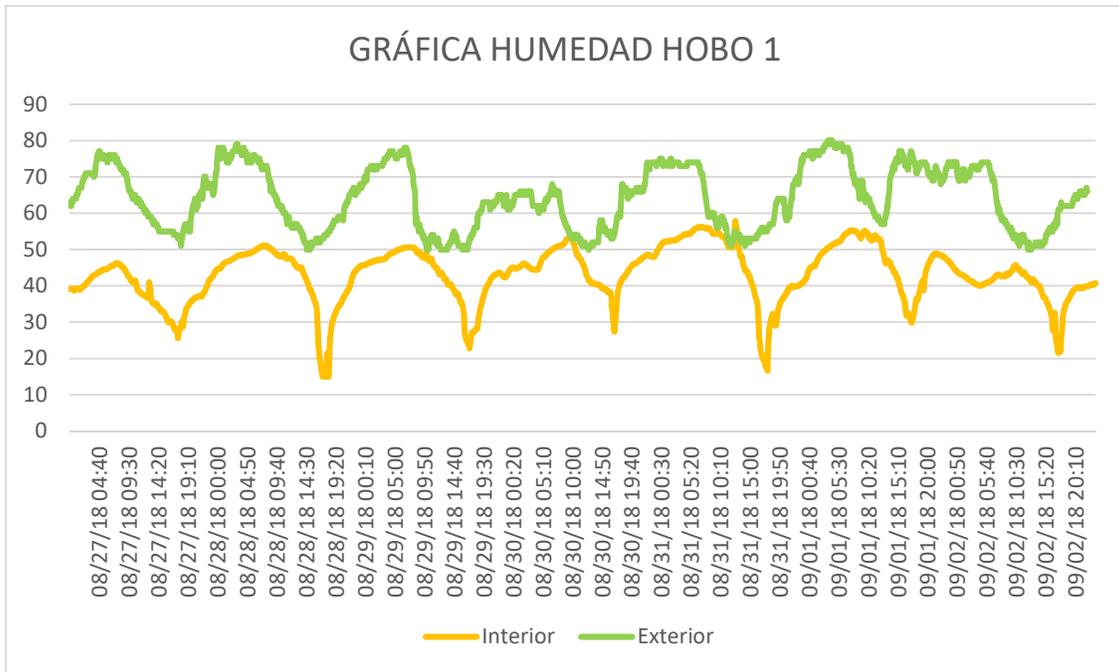
- Posterior, volví a calcular con los materiales de Multipanel ATLAS, Durock con sistema de aislamiento y Precor de 2" para muros y DUOVENT de 6cm para ventanas, en donde el valor U o transmitancia térmica es menor que las de los materiales con el cual está construido actualmente.

## RESULTADOS

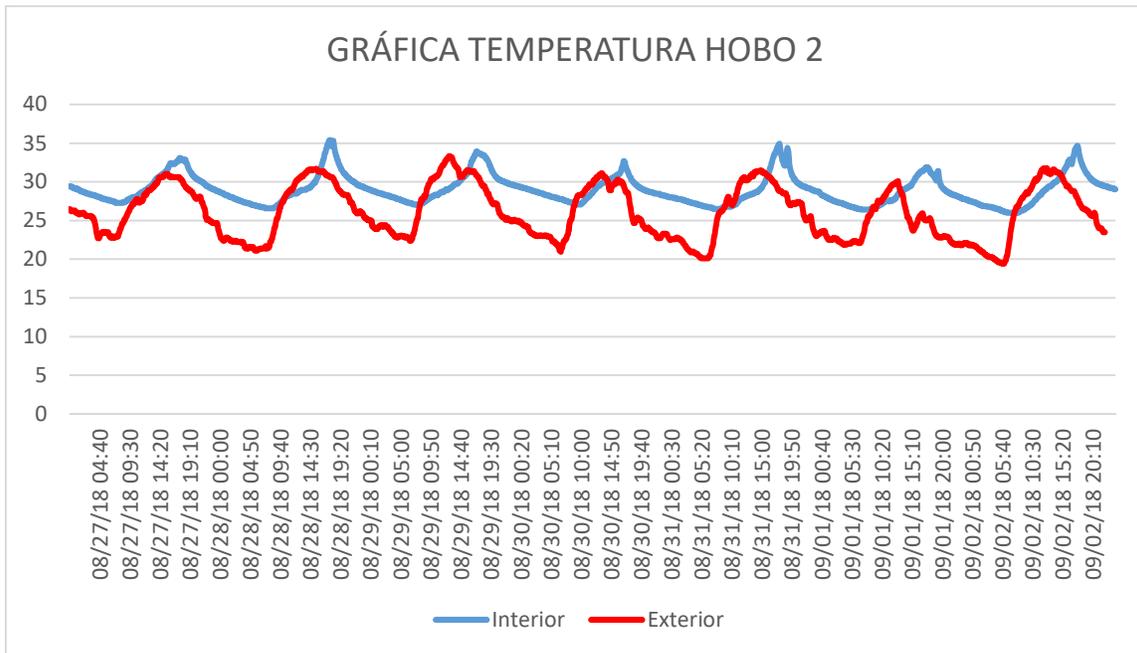
Se muestran los resultados de la semana del 27 de Agosto de 2018 al 02 de Septiembre de 2018, en esta semana se registró el día con mayor temperatura, por lo que se eligió para revisar los más desfavorable.



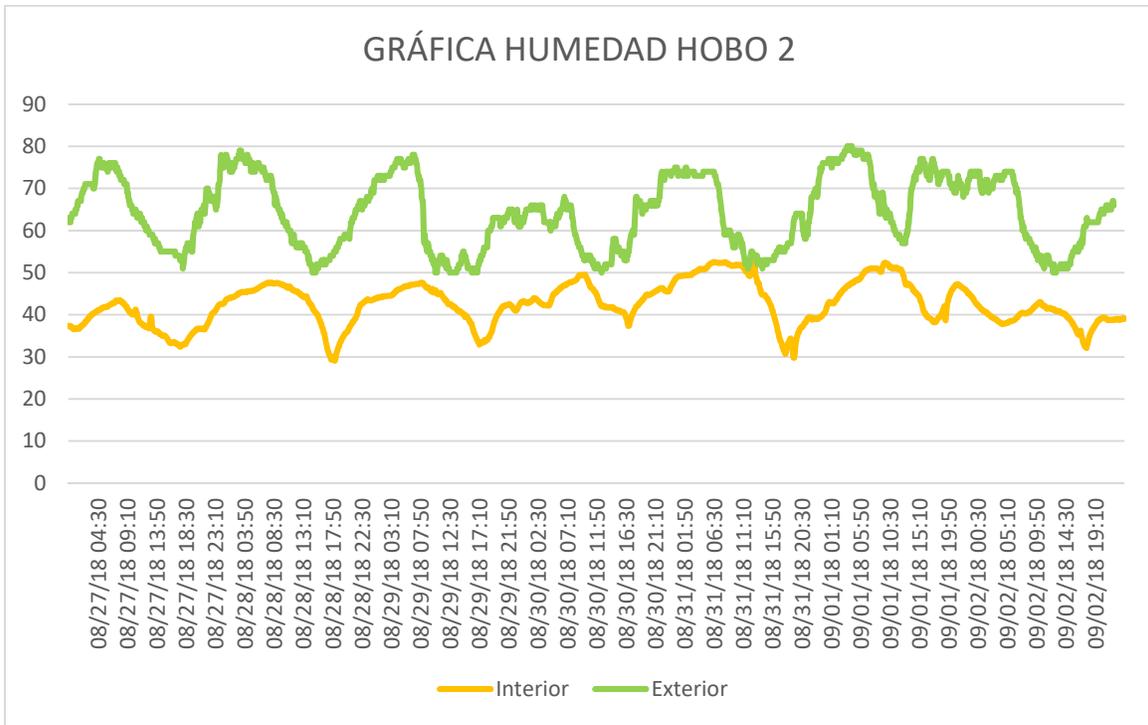
GRÁFICA 1 Temperatura Hobo 1.  
Gráfica elaborada por el autor



GRÁFICA 2 Humedad Hobo 1.  
Gráfica elaborada por el autor



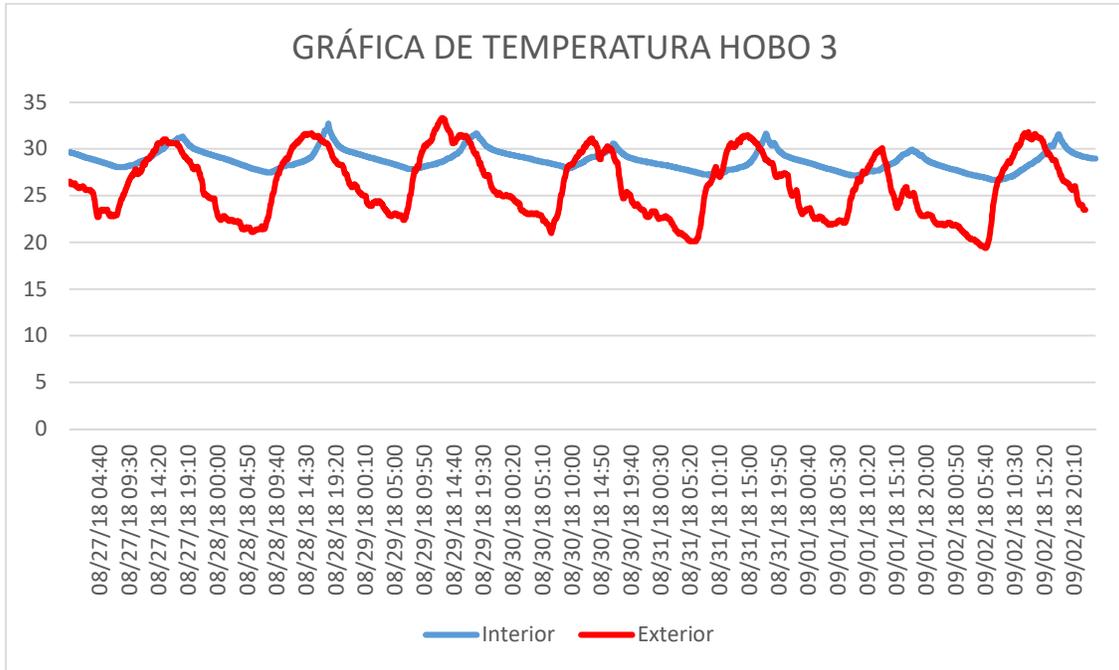
GRÁFICA 3 Temperatura Hobo 2.  
Gráfica elaborada por el autor



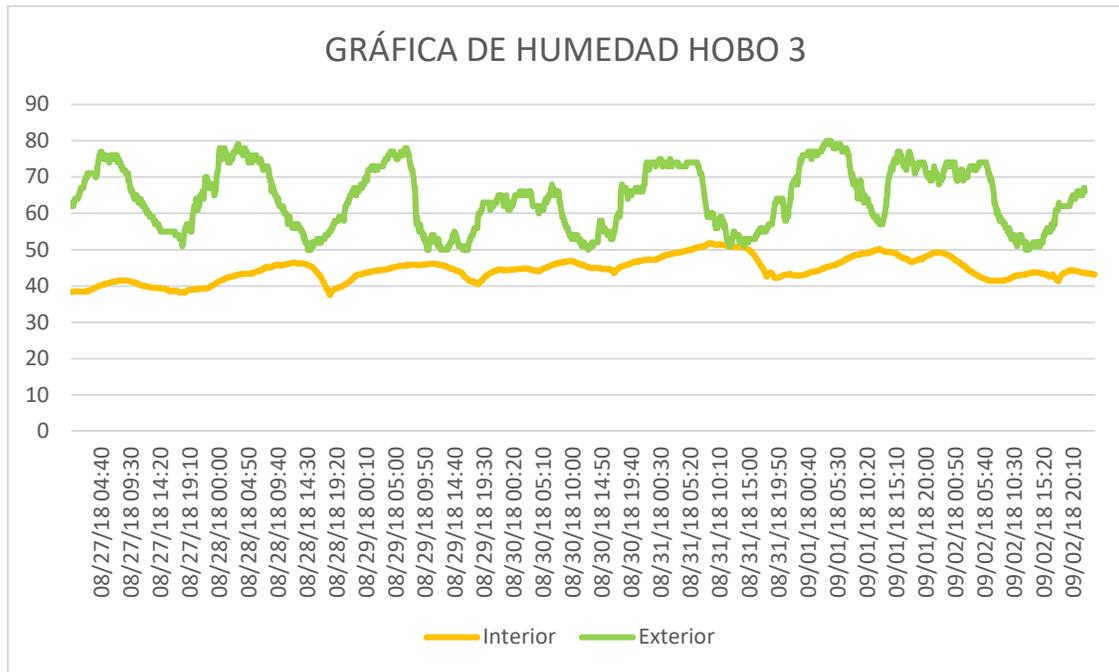
GRÁFICA 4 Humedad Hobo 2.  
Gráfica elaborada por el autor

En la medición de los Hobos 1 y 2 se observa que la temperatura y la humedad es inversamente proporcional es decir, cuando la temperatura sube, la humedad baja y viceversa.

En las mediciones del tercer Hobo se observa que igual es inversamente proporcional, pero hay un cambio al final de los datos, en donde la humedad aumenta sin que la temperatura baje. Esto se puede deber a que en el interior del espacio se encuentra un equipo de aire acondicionado.



GRÁFICA 5 Temperatura Hobo 3.  
Gráfica elaborada por el autor



GRÁFICA 6 Humedad Hobo 3.  
Gráfica elaborada por el autor

## CORRELACIÓN DE VARIABLES

La correlación de variables nos indica el nivel de dependencia o relación que tiene una variable respecto a otra.

En mi investigación estoy trabajando con las variables de Temperatura y Humedad, estas son inversamente proporcional, ya que de acuerdo a los cálculos realizados se observa que cuando la temperatura sube, la humedad baja y viceversa, cuando la temperatura baja, la humedad incrementa.

Para realizar los cálculos primero se obtiene el promedio de temperatura y humedad, posterior de calcula la desviación estándar y luego se calcula la correlación de las variables.

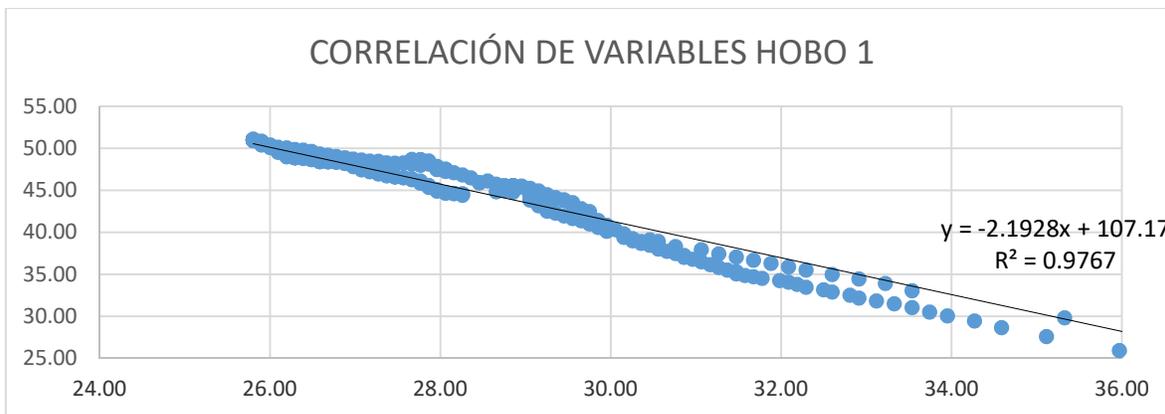
A continuación, mostraré una tabla de los resultados de la correlación de variables de los 3 Hobos colocados en la nueva sede del Estado de Morelos, donde se calculó el día con mayor temperatura en los 3 diferentes Hobos:

Día	Hobo	Temperatura promedio	Humedad promedio	R
28/08/2018	1	28.63	42.11	-0.98827
06/09/2018	2	28.23	41.73	-0.93596
21/08/2018	3	27.67	44.76	-0.93747

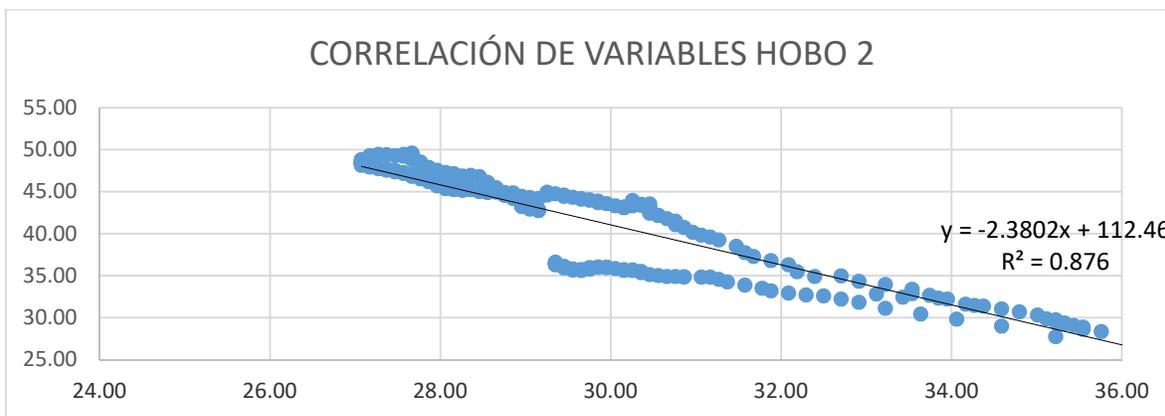
TABLA 6 Correlación de Variables de los 3 Hobos  
Tabla elaborada por el autor

## GRÁFICAS CORRELACIÓN DE VARIABLES

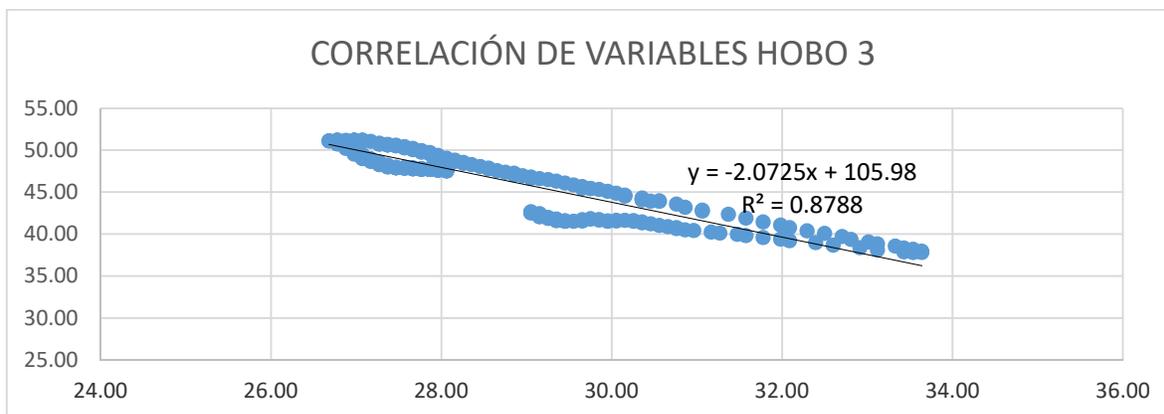
Al graficar las mediciones de Temperatura y Humedad de los 3 Hobos se observa la relación que tiene la una con la otra.



GRÁFICA 7 Correlación de Variables día 28 de Agosto de 2018  
Gráfica elaborada por el autor



GRÁFICA 8 Correlación de Variables día 06 de Septiembre de 2018  
Gráfica elaborada por el autor



GRÁFICA 9 Correlación de Variables día 21 de Agosto de 2018  
Gráfica elaborada por el autor

El análisis de correlación se realizó en los días más representantes donde se registró que la temperatura era más alta. Sin embargo, después se hará la correlación de un periodo mayor para realizar el análisis.

## TABLA DE MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Día	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura promedio	Desviación Estandar	Datos
28/08/2018	43.35	23.29	28.63	3.37	14,663
06/09/2018	40.92	23.86	28.23	2.23	14,663
21/08/2018	33.63	19.85	27.67	2.21	14,663

Día	Humedad máxima	Humedad mínima	Humedad promedio	Desviación Estandar	Datos
28/08/2018	64.93	15	42.11	8.26	14,663
06/09/2018	60.88	18.09	41.73	5.55	14,663
21/08/2018	60.85	33.46	44.76	4.58	14,663

TABLA 7 Máximas y mínimas de temperatura y humedad  
Tablas elaboradas por el autor

La humedad y la temperatura están relacionadas por lo tanto al modificar la temperatura se puede controlar la humedad.

Es por ello que si se es capaz de diseñar o proponer una envolvente que regule la temperatura en el edificio, se puede controlar la humedad también. Es por ello que se dice que son inversamente proporcionales.

## TABLA COMPARATIVA DE LOS MATERIALES CON BAJA TRANSMITANCIA TÉRMICA

TABLA COMPARATIVA MATERIALES				
Sistema Constructivo Envolvente	Valor U	Ganancia de Calor Edificio Referencia	Ganancia de Calor Total del sistema Constructivo	Porcentaje de reducción comparado con el sistema de construcción real
Muro con sistema PRECOR 2"	0.1717	87954.18708	66,507.77	48.89%
Muro mixto DUROCK con sistema de aislamiento	0.1913	87954.18708	66,629.96	48.98%
Muro multipanel ATLAS WALL 0.75" ENERGYSHIELD	0.1793	87954.18708	66,584.40	48.94%
Sistema Constructivo actual	0.9767	87954.18708	136,040.51	

TABLA 8 Comparativa de Materiales  
Tabla elaborada por el autor

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al revisar las mediciones del Congreso del estado de Morelos, se observa que se generan altas temperaturas en el interior, estas son mayores a la temperatura ambiente. En la humedad es lo contrario, se encuentra con menor humedad en el interior que en el exterior, debido por las altas temperaturas en el interior.

El sistema constructivo del caso de estudio con el que cuenta, presenta un grave problema de ganancias de calor, provocando un calentamiento en

el interior, que además de observarlo en las mediciones, también con el método de NOM 008-ENER-2001 se observa que las ganancias de calor del edificio son altas y por consiguiente no es aceptable ya que la fachada no está cumpliendo con su función de proteger a los usuarios de la intemperie.

Según la NOM 008-ENER-2001 de cómo se está comportando el edificio y los materiales del sistema constructivo, si se disminuye el valor U de los materiales, es decir que se cambie el sistema constructivo por unos que tengan mejores cualidades térmicas, se observa que las ganancias de calor de la fachada disminuyen en un 48% por lo que al interior no deben de generarse altas temperaturas.

Si se realiza un estudio adecuado de los edificios de acuerdo al sitio en donde se ubique, se puede ajustar un sistema constructivo adecuado en donde se puedan disminuir las ganancias de calor, sin embargo, en el clima de Cuernavaca no es suficiente con reducir las ganancias de calor por radiación directa, sin considerar las ganancias por conducción a través de la envolvente y sus materiales.

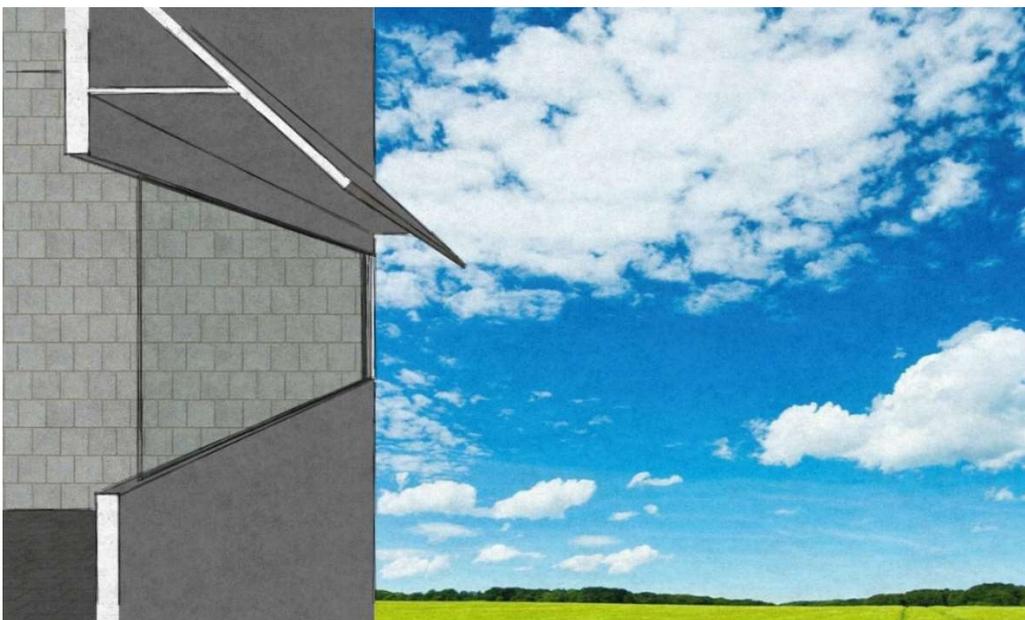
## PROPUESTAS ALTERNAS

En conjunto con las propuestas de los materiales que he propuesto anteriormente, me gustaría anexar estas 3 propuestas que podrían mejorar las condiciones al interior del Congreso del Estado de Morelos, ya que al analizar los valores obtenidos, se puede ver que uno de los factores que generar mayor calor al interior del espacio es la radiación directa a través de los cristales y por ello, al ya estar construido el espacio de podría agregar unas protecciones solares que permitan que el calor del sol no llegue directamente al cristal, por lo que evitaría que se generen altas temperaturas .

Una de las propuestas consiste en colocar una estructura con barrotes en forma vertical, agregando vegetación lo que permite que la vegetación mitigue el acceso de los rayos solares al interior, pero que al mismo tiempo pueda tener iluminación natural.



IMÁGEN 19 Propuesta de protección de barrotes verticales con vegetación  
Imagen elaborada por el autor



IMÁGEN 20 Propuesta de protección de techo inclinado  
Imagen elaborada por el autor

La segunda propuesta sería un techo inclinado que no permita que los rayos solares accedan de forma directa, lo que de igual manera se busca que la iluminación natural no se bloquee.

Y la tercer opción que en su caso sería la más económica y sencilla, sería colocar una película de Control Solar, para este caso de acuerdo a las características mencionare la Hüper Optik Ceramic, la cual es una manera eficiente de minimizar los riesgos asociados con la ruptura de cristales y lo más importante de bajar la temperatura al interior gracias a la tecnología alemana nano-cerámica. Han sido evaluadas bajo los siguientes estándares internacionales: ASTM G53-91 Exposición a la Luz y al Agua, SS 5, Part G4 Test de Acelaración – Xenon, ASTM B117 Corrosión con Sal, BS3900 Part F2 Resistencia a la Condensación de humedad extrema.



IMÁGEN 21 Propuesta de película de protección Solar Hüper Optik Ceramic  
Imagen tomada del sitio:

[https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKewiJ5NvuvJXnAhUHLKwKHTUCB WUQjRx6BAGBEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ebay.com%2Fitm%2FHuper-Optik-Ceramic-Series-Nano-Ceramic-5-40-x-20-Ft-Tint-Roll-%2F264480305380&psig=AOvVaw1gr\\_mfs47R6sjQpVsl8aiJ&ust=1579722988033981](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKewiJ5NvuvJXnAhUHLKwKHTUCB WUQjRx6BAGBEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ebay.com%2Fitm%2FHuper-Optik-Ceramic-Series-Nano-Ceramic-5-40-x-20-Ft-Tint-Roll-%2F264480305380&psig=AOvVaw1gr_mfs47R6sjQpVsl8aiJ&ust=1579722988033981)

## CONCLUSIONES

Al revisar las mediciones del Congreso del estado de Morelos, se observa que se generan altas temperaturas en el interior, estas son mayores a la temperatura ambiente. En la humedad es lo contrario, se encuentra con mayor humedad en el interior que en el exterior, debido por las altas temperaturas en el interior.

El sistema constructivo del caso de estudio con el que cuenta, presenta un grave problema de ganancias de calor, provocando un calentamiento en el interior, que además de observarlo en las mediciones, también con el método de NOM 008-ENER-2001 se observa que las ganancias de calor del edificio son altas y por consiguiente no es aceptable ya que la fachada no está cumpliendo con su función de proteger a los usuarios de la intemperie.

Según la NOM 008-ENER-2001 de cómo se está comportando el edificio y los materiales del sistema constructivo, si se disminuye el valor U de los materiales, es decir que se cambie el sistema constructivo por materiales que tengan mejores cualidades térmicas disminuirían las ganancias de calor, como se observa en los cálculos, que las ganancias de calor de la fachada disminuyen en un 48% por lo que al interior no deben de generarse altas temperaturas.

Si se realiza un estudio adecuado de los edificios de acuerdo al sitio en donde se ubique, se puede ajustar un sistema constructivo adecuado en donde se puedan disminuir las ganancias de calor, sin embargo, en el clima de Cuernavaca no es suficiente con reducir las ganancias de calor por radiación directa, sin considerar las ganancias por conducción a través de la envolvente y sus materiales.

De acuerdo a la construcción, observe que los usuarios estaban a disgusto por las altas temperaturas que se generaban al interior, ya que los sistemas

de aire acondicionado no estuvieron funcionando unos días. Entonces se pueden mejorar las condiciones si se hacen adaptaciones al edificio de la nueva sede del Congreso del Estado de Morelos, estas propuestas se ajustarían a lo que ya está realizado sin que tenga costos tan elevados como si cambiaran los materiales de todo el edificio. Generando así mejores condiciones al interior para los usuarios.

Por ello es importante analizar los componentes de la fachada para que esta tenga un mejor comportamiento térmico y mejore las condiciones del interior, ya que como se observa en las mediciones del congreso del Estado de Morelos, se cuenta con mejores condiciones en el exterior que en el interior, por consiguiente, la fachada no está cumpliendo con su función de proteger a los usuarios de la intemperie.

Si se realiza un estudio adecuado de los edificios de acuerdo al sitio en donde se ubique, se puede ajustar un sistema constructivo adecuado en donde se puedan disminuir las ganancias del calor por lo que se espera disminuir la temperatura al interior y los usuarios estén en confort. Cabe mencionar que de acuerdo al lugar donde se ubica el caso de estudio puede afectar la temperatura exterior, las condiciones del interior, no solo la radiación solar.

Se requiere hacer un mayor análisis del clima de Cuernavaca Morelos para verificar si los métodos de análisis y soluciones son aplicables también para cualquier tipo de edificación y clima.

## ÍNDICE IMÁGENES

IMÁGEN 1 Departamentos en Hamburgo.....	25
IMÁGEN 2 Oficinas en Hamburgo.....	25
IMÁGEN 3 Casa de Vacaciones .....	25
IMÁGEN 4 Climograma Cuernavaca.....	36
IMÁGEN 5 Diagrama de temperatura Cuernavaca .....	37
IMÁGEN 6 Tabla datos históricos del tiempo de Cuernavaca .....	37
IMÁGEN 7 Carta psicométrica .....	44
IMÁGEN 8 Sistema constructivo de muro PRECOR 2" .....	64
IMÁGEN 9 Sistema constructivo del muro MULTIPANEL ATLAS WALL ENERGYSHIELD .....	65
IMÁGEN 10 Sistema constructivo de muro mixto de DUROCK y TABLAROCA con sistema de aislamiento .....	66
IMÁGEN 11 Croquis de Localización del Congreso del Estado de Morelos.	68
IMÁGEN 12 Render Congreso del Estado de Morelos.....	69
IMÁGEN 13 Render Congreso del Estado de Morelos.....	69
IMÁGEN 14 Onset HOBO U12-013 Data Logger.....	70
IMÁGEN 15 Estación meteorológica personal NETAMO .....	70
IMÁGEN 16 ubicación de HOBOS midiendo en el edificio de la nueva .....	72

IMÁGEN 17 ubicación de HOBOS midiendo en el edificio de la nueva Sede del Estado de Morelos. ....72

IMÁGEN 18 ubicación de HOBOS midiendo en el edificio de la nueva Sede del Estado de Morelos. ....72

IMÁGEN 19 Propuesta de protección de barrotes verticales con vegetación .....84

IMÁGEN 20 Propuesta de protección de techo inclinado.....84

IMÁGEN 21 Propuesta de película de protección Solar Hüper Optik Ceramic .....85

## ÍNDICE TABLAS

TABLA 1 Características térmicas de los grupos climáticos según .....	40
TABLA 2 Valores de transmitancia de calor del muro PRECOR 2" .....	64
TABLA 3 Valores de transmitancia de calor del muro MULTIPANEL ATLAS WALL ENERGYSHIELD.....	65
TABLA 4 Valores de transmitancia de calor del muro mixto de DUROCK y TABLAROCA con sistema de aislamiento .....	66
TABLA 5 Valores máximos, mínimos y promedios de temperatura y humedad de los 3 HOBOS que midieron.....	73
TABLA 6 Correlación de Variables de los 3 Hobos .....	79
TABLA 7 Máximas y mínimas de temperatura y humedad.....	81
TABLA 8 Comparativa de Materiales .....	82

## ÍNDICE GRÁFICAS

GRÁFICA 1 Temperatura Hobo 1. ....	75
GRÁFICA 2 Humedad Hobo 1. ....	76
GRÁFICA 3 Temperatura Hobo 2. ....	76
GRÁFICA 4 Humedad Hobo 2. ....	77
GRÁFICA 5 Temperatura Hobo 3. ....	78
GRÁFICA 6 Humedad Hobo 3. ....	78
GRÁFICA 7 Correlación de Variables día 28 de Agosto de 2018.....	80
GRÁFICA 8 Correlación de Variables día 06 de Septiembre de 2018.....	80
GRÁFICA 9 Correlación de Variables día 21 de Agosto de 2018.....	81

# ANEXOS





### HOBO<sup>®</sup> U12-013 Data Logger

#### Temperature/Relative Humidity/2 External Channel Data Logger

The HOBO U12-013 data logger has a built in temperature and relative humidity sensor along with 2 external channels for a wide range of energy and environmental sensors. This product can store up to 43,000 measurements of 12-bit resolution readings.

#### Supported Measurements:

4-20mA, AC Current, AC Voltage, Air Velocity, Carbon Dioxide, Compressed Air Flow, DC Current, DC Voltage, Gauge Pressure, Kilowatts (kW), Relative Humidity, Temperature and Volatile Organic Comp.

#### Key Advantages:

- 12-bit resolution provides high accuracy
- Large memory for long-term deployments or fast sampling
- Programmable and push button start
- Direct USB interface for fast data offload
- Compatible with Onset's HOBO U-Shuttle for convenient data transport
- Compatible with HOBOWare and HOBOWare Pro for logger setup, graphing and analysis



## HOBO U12-013 Data Logger Specifications

### **Measurement Range**

**Temperature:** -20° to 70°C (-4° to 158°F)

**RH:** 5% to 95% RH

**Analog channels:** 0 to 2.5 Vdc (w/CABLE-2.5-STEREO); 0 to 5 Vdc (w/CABLE-ADAP5); 0 to 10 Vdc (w/ CABLE-ADAP10); 4-20 mA (w/CABLE-4-20MA)

### **Accuracy**

**Temperature:** ±0.35°C from 0° to 50°C (±0.63°F from 32° to 122°F)

**RH:** ±2.5% from 10% to 90% RH (typical), to a maximum of ±3.5%, see Plot B in manual

External input channel (see sensor manual): ± 2 mV ± 2.5% of absolute reading

### **Resolution**

**Temperature:** 0.03°C at 25°C (0.05°F at 77°F), see Plot A in manual

**RH:** 0.05% RH

**Sample rate:** 1 second to 18 hours, user selectable

### **Drift**

**Temperature:** 0.1°C/year (0.2°F/year)

**RH:** <1% per year typical; RH hysteresis 1%

**Time accuracy:** ± 1 minute per month at 25°C (77°F), see Plot C in manual

Response time in airflow of 1 m/s (2.2 mph)

**Temperature:** 6 minutes, typical to 90%

**RH:** 1 minute, typical to 90%

### **Operating temperature**

**Logging:** -20° to 70°C (-4° to 158°F); 0 to 95% RH (non-condensing)

**Launch/readout:** 0° to 50°C (32° to 122°F), per USB specification

**Battery life:** 1 year typical use

**Memory:** 64K bytes (43,000 12-bit measurements)

**Weight:** 46 g (1.6 oz)

**Dimensions:** 58 x 74 x 22 mm (2.3 x 2.9 x 0.9 inches)

The CE Marking identifies this product as complying with all relevant directives in the European Union (EU).

## DIMENSIONES

Módulo interior:

45x45x155 mm / 1.8x1.8x6 pulgadas

Módulo externo:

45x45x105 mm / 1.8x1.8x4.1 pulgadas

## MATERIALES Y DISEÑO

Pieza única de aluminio anodizado. Resistente a los UV.

## SENSORES Y MEDIDAS

Temperatura (interior)

Variaciones desde:

0°C hasta 50°C / 32°F hasta 112°F

Precisión:

+/- 0,3 °C / +/- 0,54 °F

Temperatura (exterior)

Alcance desde:

-40°C hasta 65°C / -40°F hasta 150°F

Precisión:

+/- 0,3 °C / +/- 0,54 °F

Humedad (interior y exterior)

Alcance desde

0 hasta 100%

Precisión:

± 3%

Barómetro:

Alcance desde

260 hasta 1160 mbar / 7.7 hasta 37.2 inHg

Precisión:

+/- 1 mbar / +/- 0,03 inHg

Medidor de CO<sub>2</sub> (interior)

Alcance desde

0 hasta 5000 ppm

Precisión:

+/- 50 ppm o +/-5%

Sonómetro:

Alcance desde

35 dB hasta 120 dB

[UNIDADES DE MEDICIÓN](#)

Sistema de medición:

°F y inHg

Sistema métrico.

°C y mbar

[DATOS GUARDADOS EN LINEA](#)

Accesibles desde diferentes dispositivos. Sin límites de almacenamiento

Frecuencia de almacenamiento

cada 5 minutos.

[APLICACIÓN GRATUITA, ACCESIBLE DE POR VIDA.](#)

Sin costos de inscripción.

Aplicación disponible en App Store y en Google Play.

Acceso gratuito a su cuenta en línea.

[CARACTERÍSTICAS DE ACCESO INALÁMBRICO](#)

Compatible con Wi-Fi 802.11 b/g/n (2.4GHz).

Respaldo de seguridad: Abrir/WEP/WPA/WPA2-personal (TKIP and AES).

Conexión inalámbrica entre los módulos:

Largo alcance de 100m.

HOJAS CÁLCULO SISTEMA CONSTRUCTIVO REAL

**2 Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor a través de la Envolvente**

2.1 Ciudad   
 Latitud  °  '

2.2 Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a) Techo	<input type="text" value="38"/>	c) Superficie interior	<input type="text" value="26"/>
		b) Muros	d) Partes Transparentes
	Masivo	Ligero	Tragaluz y Domo
Norte	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="22"/>
Este	<input type="text" value="27"/>	<input type="text" value="33"/>	Norte <input type="text" value="23"/>
Sur	<input type="text" value="28"/>	<input type="text" value="32"/>	Este <input type="text" value="24"/>
Oeste	<input type="text" value="26"/>	<input type="text" value="33"/>	Sur <input type="text" value="24"/>
			Oeste <input type="text" value="24"/>

2.3 Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m²K)

Techo	<input type="text" value="0.391"/>	Muro	<input type="text" value="2.2"/>
Tragaluz y domo	<input type="text" value="5.952"/>	Ventana	<input type="text" value="5.319"/>

2.4 Factor de ganancia de calor solar "FG" (W/m²)

Tragaluz y domo	<input type="text" value="274"/>
Norte	<input type="text" value="91"/>
Este	<input type="text" value="137"/>
Sur	<input type="text" value="118"/>
Oeste	<input type="text" value="148"/>

2.5 Barrera para vapor

Si  No

2.6 Factor de correlación de sombreado exterior (SE)

Numero (**)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>
L/H o P/E (***)	<input type="text"/>						
W/H o W/E (***)	<input type="text"/>						
Norte	<input type="text"/>						
Este/Oeste	<input type="text"/>						
Sur	<input type="text"/>						

\* Los valores se obtienen de la tabla 1 para los Incisos 2.2 a 2.5, y del Apéndice A, Tablas 2, 3, 4 y 5 según corresponda para el inciso 2.6.

\*\* Si las ventanas tienen algún tipo de sombreado se deberá de usar una columna para cada tipo.

\*\*\* Indicar el tipo de sombreado: 1 volado simple, 2 volado extendido y 3 ventana remetida.

3 **Calculo de Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente (\*)**  
(Hagase tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1 Descripción de la SUPERFICIAL  Número (\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m <sup>2</sup> K/W) [1/(h o λ)]	
Convección exterior (****)	1.0			
Aire exterior	1	0.13	0.055	
Cantera	0.02	1.2	0.016666667	
Durock	0.013	0.034	0.382352941	
Cavidad	0.07		0.35	
Tablaroca	0.013	0.135	0.006296296	
Aire interior	1	8.1	0.12345679	
Convección interior (****)	1.0			
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [ Fórmula M= ΣM ]			M	<input type="text" value="1.023772694"/> m <sup>2</sup> K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [ Fórmula k=1/M ]			k	<input type="text" value="0.976779324"/> W/m <sup>2</sup>

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el Inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben de anotar los 3 materiales.
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h, calculados de acuerdo al apéndice "B"

**3 Cálculo de Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente (\*)**  
(Hagase tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1 Descripción de la SUPERFICIAL  Número (\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m²K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (****)	1.0		
Aire exterior	1	0.13	0.055
Durock	0.013	0.034	0.382352941
Cavidad	0.07		0.35
Tablaroca	0.013	0.135	0.096298298
Aire interior	1	8.1	0.12345679
Convección interior (****)	1.0		

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior  
[ Fórmula  $M = \sum M$  ]

M  m² K/W

Coefficiente global de transferencia de calor de la porción (k)  
[ Fórmula  $k = 1/M$  ]

k  W/m²

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el Inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben de anotar los 3 materiales.
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h, calculados de acuerdo al apéndice "B"

**3 Cálculo de Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente (\*)**  
 (Hagarse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1 Descripción de la SUPERFICIAL  Número (\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m²K/W) [1/(h o λ)]	
Convección exterior (****)	1.0			
Aire exterior	1	0.13	7.692307692	
Vidrio	0.008	0.93	0.006451613	
Aire interior	1	8.1	0.12345679	
Convección interior (****)	1.0			
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [Fórmula M= ΣM]			M	7.822216095 m² K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [Fórmula k=1/M]			k	0.127841009 W/m²

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el Inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repletado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben de anotar los 3 materiales.
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h, calculados de acuerdo al apéndice "B"

#### 4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

##### 4.1 Datos Generales

Temperatura Interior (t)  °C

$$\dot{Q}_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_j \times (t_e - t_i)]$$

##### 4.2 Edificio de Referencia

##### 4.2.1 Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Global de Transferencia de Calor (W/m²K) [K]	Área del edificio proyectado (m²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción $\dot{Q}_{rci}$ (*) [K x A x F x (te-ti)]
Techo	0.391	2621.51	0.95	38	12658.8786
Tragaluz y domo	5.952		0.05	22	-2340.4841
Muro norte	2.2	593.9	0.6	25	0.0000
Ventana norte	5.319		0.4	30	6317.9082
Muro este	2.2	1574.04	0.6	27	4155.4656
Ventana este	5.319		0.4	33	26791.4200
Muro sur	2.2	225.18	0.6	26	297.2376
Ventana sur	5.319		0.4	32	3353.6508
Muro oeste	2.2	1551.04	0.6	26	2047.3728
Ventana oeste	5.319		0.4	33	26399.9416
SUBTOTAL					79681.3911

página 7

\*Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

$$\dot{Q}_{rsi} = \sum_{j=1}^m [A_j \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

##### 4.2.2 Ganancia por radiación (partes transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de Sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m²) [A]	Fracción de la componente [F]	Ganancia de Calor (W/m²) [FG]	Ganancia por Radiación $\dot{Q}_{rs}$ (*) [CS x A x F x FG]
Tragaluz y domo	0.85	100	0.05	22	93.5000
Ventana norte	1.0	0	0.4	23	0.0000
Ventana este	1.0	436.96	0.4	24	4194.8160
Ventana sur	1.0	0	0.4	24	0.0000
Ventana oeste	1.0	415.05	0.4	24	3984.4800
SUBTOTAL					8272.7960

#### 4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

##### 4.3 Edificio Proyectado

##### 4.3.1 Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Coeficiente Global de Transferencia de Calor (K)		Área (m²) [A]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción opac (****) [K x A x (te-ti)]
	Número de la Porción (**)	Valor calculado (W/m²K) (***)			
					SUBTOTAL [1]
					SUBTOTAL [2]
					SUBTOTAL [3]
Muro Pasta Norte		0.992944112	278.72	28	276.7533828
Ventana vidrio Norte		0.127841009	0.00	31	0
Muro Pasta Este		0.992944112	506.66	28	1509.255191
Muro Cantera Este		0.976779324	569.15	28	1667.801856
Ventana vidrio Este		0.127841009	498.23	34	573.2480342
Muro Cantera Sur		0.976779324	225.18	27	439.9023363
Ventana Vidrio Sur		0.127841009	0.00	33	0
Muro Pasta Oeste		0.992944112	634.80	27	1260.641844
Muro Cantera Oeste		0.976779324	501.18	27	979.084523
Ventana Vidrio Oeste		0.127841009	415.08	34	477.5552038
					SUBTOTAL (****) [ ]
					Total (Sumar todas las opc)
					7184.242371

\* Abreviar considerando tipo: 1 techo, 2 tragaluz, 3 domo, 4 muros y 5 ventanas; y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur, 5 oeste y 6 superficie inferior. Por ejemplo "4.2" corresponde a un muro en la orientación norte.

\*\* Número consecutivo signado en el inciso 3.1

\*\*\* Valor obtenido en el inciso 3.1

\*\*\*\* Si valores son negativos significan una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente.

\*\*\*\*\* Cuando el número de porciones de la envolvente sea mayor a las permitidas en un hoja, utilice el subtotal 1 para la primera hoja, y así sucesivamente.

4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3.2 Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$Q_{PSI} = \sum_{j=1}^m [A_j \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Material (**)	Coeficiente de Sombreado (CS) (****)	Area (m²) [A]	Ganancia de Calor (W/m²) [FG]	Factor de sombreado exterior [SE] (****)		Ganancia por Conducción eps (CS x A x FG x SE)
					Numero	Valor	
Ventana Norte	Vidrio	1	0.00	01		1	0
Ventana Este	Vidrio	1	488.23	137		1	68257.51
Ventana Sur	Vidrio	1	0.00	118		1	0
Ventana Oeste	Vidrio	1	415.08	146		1	60598.76
Total ( Sumar todas las eps)							128856.27

\* Abreviar considerando tipo: 1 tragaluz, 2 domo y 3 ventana; y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur y 5 oeste. Por ejemplo "3.5" corresponde a una ventana en la orientación oeste.

\*\* Especifique las características del material, por ejemplo: claro, entintado, etc.

\*\*\* Dato proporcionado por el fabricante

\*\*\*\* Si la ventana tiene sombreado el número y el "SE" se obtienen del inciso 2.6, y si la ventana no tiene sombreado se deja en blanco el espacio para el número y el "SE" es 1.0

5 Resumen de Cálculo

5.1 Presupuesto energetico

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\varnothing r = \varnothing rc + \varnothing rs$ $\varnothing p = \varnothing pc + \varnothing ps$ (W)
Referencia	( $\varnothing rc$ ) <input type="text" value="79881.39108"/>	( $\varnothing rs$ ) <input type="text" value="8272.798"/>	( $\varnothing r$ ) <input type="text" value="87954.19"/>
Proyectado	( $\varnothing pc$ ) <input type="text" value="7184.242371"/>	( $\varnothing ps$ ) <input type="text" value="128856.27"/>	( $\varnothing p$ ) <input type="text" value="136040.51"/>

5.2 Cumplimiento

Si ( $\varnothing r > \varnothing p$ )  No ( $\varnothing r < \varnothing p$ )

## HOJAS DE CÁLCULO PROPUESTA DE MATERIAL MULTIPANEL

### 2 Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor a través de la Envoltente

2.1 Ciudad   
 Latitud °

2.2 Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a) Techo	<input type="text" value="38"/>	c) Superficie interior	<input type="text" value="28"/>
		b) Muros	d) Partes Transparentes
	Masivo	Ligero	Tragaluz y Domo
Norte	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="22"/>
Este	<input type="text" value="27"/>	<input type="text" value="33"/>	Norte <input type="text" value="23"/>
Sur	<input type="text" value="26"/>	<input type="text" value="32"/>	Este <input type="text" value="24"/>
Oeste	<input type="text" value="26"/>	<input type="text" value="33"/>	Sur <input type="text" value="24"/>
			Oeste <input type="text" value="24"/>

2.3 Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m<sup>2</sup>K)

Techo	<input type="text" value="0.391"/>	Muro	<input type="text" value="2.2"/>
Tragaluz y domo	<input type="text" value="5.952"/>	Ventana	<input type="text" value="5.319"/>

2.4 Factor de ganancia de calor solar "FG" (W/m<sup>2</sup>)

Tragaluz y domo	<input type="text" value="274"/>
Norte	<input type="text" value="91"/>
Este	<input type="text" value="137"/>
Sur	<input type="text" value="118"/>
Oeste	<input type="text" value="146"/>

2.5 Barrera para vapor

Si  No

2.6 Factor de correlacion de sombreado exterior (SE)

Numero (**)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>
L/H o P/E (***)	<input type="text"/>						
W/H o W/E (***)	<input type="text"/>						
Norte	<input type="text"/>						
Este/Oeste	<input type="text"/>						
Sur	<input type="text"/>						

\* Los valores se obtienen de la tabla 1 para los Incisos 2.2 a 2.5, y del Apéndice A, Tablas 2, 3, 4 y 5 según corresponda para el inciso 2.6.

\*\* Si las ventanas tienen algún tipo de sombreado se deberá de usar una columna para cada tipo.

\*\*\* Indicar el tipo de sombreado: 1 volado simple, 2 volado extendido y 3 ventana remetida.

3 Cálculo de Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente (\*)  
(Hagarse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1 Descripción de la porción SUPERFICIAL  Número (\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m²KW) [1/(h o λ)]
Convección exterior (****)	1.0		
Aire exterior	1	0.13	0.055
Cantera	0.02	1.2	0.016666667
Block	0.12	0.19	0.831578947
Multipanel ATLAS	0.019	0.004	4.75
Aire interior	1	8.1	0.12345679
Convección interior (****)	1.0		

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior  
[ Fórmula M= ΣM ]

M  m² KW

Coefficiente global de transferencia de calor de la porción (k)  
[ Fórmula k=1/M ]

k  W/m²

\* Estos valores se obtienen del Apéndice D

\*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el Inciso 4.3

\*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben de anotar los 3 materiales.

\*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

\*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h, calculados de acuerdo al apéndice "B"

3 **Calculo de Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente (\*)**  
(Hagense tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1 Descripción de la SUPERFICIAL  Número (\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m²KW) [1/(h o λ)]	
Conveccion exterior (****)	1.0			
Aire exterior	1	0.13	0.055	
Block	0.12	0.19	0.35	
Multipanel ATLAS	0.019	0.004	4.75	
Aire interior	1	8.1	0.12345679	
Conveccion exterior (****)	1.0			
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [ Fórmula M= ΣM ]			M	5.27845679 m² KW
Coefficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [ Fórmula k=1/M ]			k	0.189449311 W/m²

\* Estos valores se obtienen del Apéndice D  
 \*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el Inciso 4.3  
 \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben de anotar los 3 materiales.  
 \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes  
 \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

**3** Cálculo de Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones de la Envolvente (\*)  
(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1 Descripción de la SUPERFICIAL  Número (\*\*)

Componente de la envolvente  Techo  Pared

Material (***)	Espesor	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m²K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (****)	1.0		
Aire exterior	1	0.13	7.692307692
Ventana douvent	0.08	0.1785	0.336134454
Aire interior	1	8.1	0.12345679
Convección exterior (****)	1.0		

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior  
[Fórmula M= ΣM] M  m² K/W

Coefficiente global de transferencia de calor de la porción (k)  
[Fórmula k= 1/M] k  W/m²

- \* Estos valores se obtienen del Apéndice D
- \*\* Dar un número consecutivo (1,2...N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- \*\*\* Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben de anotar los 3 materiales.
- \*\*\*\* Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- \*\*\*\*\* Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h, calculados de acuerdo al apéndice "B"

#### 4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

##### 4.1 Datos Generales

Temperatura interior (t)  °C

$$\dot{Q}_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j] \times A_j (t_i - t_e)$$

##### 4.2 Edificio de Referencia

##### 4.2.1 Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Global de Transferencia de Calor (W/m²K) [K]	Área del edificio proyectado (m²) [A]	Fración de la componente [F]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción $\dot{Q}_{rci}$ (°) [K x A x F x (te-t <sub>i</sub> )]
Techo	0.391	2621.51	0.95	38	12658.8786
Tragaluz y domo	5.952		0.05	22	-2340.4841
Muro norte	2.2	593.9	0.6	25	0.0000
Ventana norte	5.319		0.4	30	6317.9082
Muro este	2.2	1574.04	0.6	27	4155.4656
Ventana este	5.319		0.4	33	26791.4200
Muro sur	2.2	225.18	0.6	26	297.2376
Ventana sur	5.319		0.4	32	3353.6508
Muro oeste	2.2	1551.04	0.6	26	2047.3728
Ventana oeste	5.319		0.4	33	26399.9416
SUBTOTAL					79681.3911

página 7

\*Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

$$\dot{Q}_{rsi} = \sum_{j=1}^m [A_j] \times CS_j \times SE_j$$

##### 4.2.2 Ganancia por radiación (partes transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de Sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m²) [A]	Fración de la componente [F]	Ganancia de Calor (W/m²) [FG]	Ganancia por Radiación $\dot{Q}_{rs}$ (°) [CS x A x F x FG]
Tragaluz y domo	0.85	100	0.05	22	93.5000
Ventana norte	1.0	0	0.4	23	0.0000
Ventana este	1.0	436.96	0.4	24	4194.8160
Ventana sur	1.0	0	0.4	24	0.0000
Ventana oeste	1.0	415.05	0.4	24	3984.4800
SUBTOTAL					8272.7960



4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3.2 Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$Q_{PSI} = \sum_{j=1}^m \{ A_j \times CS_j \times FG_j \times SE_j \}$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Material (**)	Coeficiente de Sombreado (CS) (***)	Área (m²) [A]	Ganancia de Calor (W/m²) [FG]	Factor de sombreado exterior [SE] (****)		Ganancia por Conducción aps [CS x A x FG x SE]
					Número	Valor	
Ventana Norte	Vidrio	0.5	0.00	81		1	0
Ventana Este	Vidrio	0.5	498.23	137		1	34128.755
Ventana Sur	Vidrio	0.5	0.00	118		1	0
Ventana Oeste	Vidrio	0.5	415.08	148		1	30299.38
Total ( Sumar todas las aps)							64428.135

\* Abreviar considerando tipo: 1 tragaluz, 2 domo y 3 ventana; y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur y 5 oeste. Por ejemplo "3.5" corresponde a una ventana en la orientación oeste.

\*\* Especifique las características del material, por ejemplo: claro, entintado, etc.

\*\*\* Dato proporcionado por el fabricante

\*\*\*\* Si la ventana tiene sombreado el número y el "SE" se obtienen del inciso 2.6, y si la ventana no tiene sombreado se deja en blanco el espacio para el número y el "SE" es 1.0

5 Resumen de Cálculo

5.1 Presupuesto energético

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $e_r = e_{rc} + e_{rs}$ $e_p = e_{pc} + e_{ps}$ (W)
Referencia	( $e_{rc}$ ) <input type="text" value="79681.39108"/>	( $e_{rs}$ ) <input type="text" value="8272.796"/>	( $e_r$ ) <input type="text" value="87954.19"/>
Proyectado	( $e_{pc}$ ) <input type="text" value="2156.267085"/>	( $e_{ps}$ ) <input type="text" value="64428.135"/>	( $e_p$ ) <input type="text" value="66584.40"/>

5.2 Cumplimiento

Si ( $e_r > e_p$ )   
No ( $e_r < e_p$ )

RESUMEN CÁLCULO SISTEMA DUROCK CON SISTEMA DE AISLAMIENTO

5 Resumen de Cálculo

5.1 Presupuesto energético

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $e_r = e_{rc} + e_{rs}$ $e_p = e_{pc} + e_{ps}$ (W)
Referencia	( $e_{rc}$ ) <input type="text" value="79681.39108"/>	( $e_{rs}$ ) <input type="text" value="8272.796"/>	( $e_r$ ) <input type="text" value="87954.19"/>
Proyectado	( $e_{pc}$ ) <input type="text" value="2201.829707"/>	( $e_{ps}$ ) <input type="text" value="64428.135"/>	( $e_p$ ) <input type="text" value="66629.98"/>

5.2 Cumplimiento

Si ( $e_r > e_p$ )   
No ( $e_r < e_p$ )

RESUMEN CÁLCULO SISTEMA PRECOR 2"

5 Resumen de Cálculo

5.1 Presupuesto energético

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $e_r = e_{rc} + e_{rs}$ $e_p = e_{pc} + e_{ps}$ (W)
Referencia	( $e_{rc}$ ) <input type="text" value="79681.39108"/>	( $e_{rs}$ ) <input type="text" value="8272.796"/>	( $e_r$ ) <input type="text" value="87954.19"/>
Proyectado	( $e_{pc}$ ) <input type="text" value="2079.63204"/>	( $e_{ps}$ ) <input type="text" value="64428.135"/>	( $e_p$ ) <input type="text" value="66507.77"/>

5.2 Cumplimiento

Si ( $e_r > e_p$ )   
No ( $e_r < e_p$ )

## Referencias

- 77, ASHRAE. *The calculation of air infiltration rates caused by wind and stack action for tall buildings*. 1977.
- 7730:2006, UNE-EN ISO. "Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005)." 2006.
- Alcántara, Leonardo B. Zeevaert. *Apuntes Interacción del medio ambiente y la envolvente arquitectónica*. México, 2015.
- Ashrae. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. 2004.
- . *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. 2004.
- Bakker, L.G., et al. "User satisfaction and interaction with automated dynamic facades: A pilot study." *ELSEVIER* (2014): 9.
- Banham, Reyner. *The architecture of the Well-tempered environment*. Londres: The Architectural, 1969.
- Caoa, Xuan, et al. "Study of the thermal insulation properties of the glass fiber board used for interior building envelope." *ELSEVIER* (2015): 10.
- Cascione, Valeria, et al. "Hygrothermal analysis of technical solutions for insulating the opaque building envelope." *ELSEVIER* (2017): 8.
- Cayo, Bosco, et al. *Real Academia española*. 2014.
- Energéticos, Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos. "Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales." 2001.

—. "NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones. Envoltante de edificios para uso habitacional." 2011.

España, Agencia Estatal de Meteorología de. n.d.

Eva María Herrmann, Martin Krammer, Jörg Stum, Susanne Wartzack. *ENCLOSE - BUILD: WALLS, FACADE, ROOF*. Suiza: Birkhäuser Verlag GmbH, 2015.

Farrelly, Lorraine. *The Fundamentals of Architecture*. Lausanne: AVA Publishing, 2007.

Formentini, Marco and Stefano Lenci. (n.d.).

Franco, Jose Tomás. "¿Cómo calcular la transmitancia térmica (Valor U) en la envoltante material de un edificio?" 2018.

González, Gustavo Isaac Moya. *Tesis de Maestría: Envoltante Cinética: hacia una superficie adaptable al medio ambiente*. México: UNAM, 2017.

González, Víctor Hugo Roldán. *Consideraciones bioclimáticas aplicadas al diseño de velarías*. México: UNAM, 2009.

Hausladen, Gerhard, Michael de Saldanha and Petra Liedl. *ClimateSkin. Building-skin concepts that can do more with less energy*. Germany, 2006.

Huedo, Patricia, Elena Mulet and Belinda López Mesa. "A model for sustainable selection of building envelope assemblies." *ELSEVIER* (2015): 15.

Kim, Do-Young Kim. Sung-Ah. "An exploratory model on usability of a prototyping-process for designing of smart building envelopes." *ELSEVIER* (2017): 12.

- Li, Yilin, Jo Darkwa and Georgios Kokogiannakis. "Heat transfer analysis of an integrated double skin facade and phase change material blind system." *ELSEVIER* (2007): 11.
- Liu, Lin, Zhuang Yua and Hui Zhanga. "Simulation study of an innovative ventilated facade utilizing indoor exhaust air." *ELSEVIER* (2017): 8.
- ONU. "Bonn: Naciones Unidas inaugura conferencia sobre cambio climático (COP23) en Bonn, Alemania." *Centro de Noticias ONU* 06 Noviembre 2017: 1.
- Richard O'Hegarty, Oliver Kinnane, Sarah J. McCormack. "Review and analysis of solar thermal facades." *Elsevier* (2016).
- Sánchez, Dylan Andrade. *Tesis Maestría Arquitectura cinética interactiva por medio de reconocimiento de gestos*. México: UNAM, 2017.
- Serratos, Víctor Hugo Acosta. *Paneles ligeros y pesados en la envolvente arquitectónica*. México: UNAM, 2015.
- Shaa, Shuai, Xiaolong Xua and Guohui Feng a. "Analysis of the building envelope influence to building energy consumption in the cold regions." *ELSEVIER* (2015): 7.
- Torres, Maribel Jaimes. *Tesis de Doctorado: Materiales Compuestos una alternativa para fachadas prefabricadas*. México: UNAM, 2017.
- Vaquero, Loreto Carmenado. "Fachadas dinámicas ante el sol, el viento y la temperatura." n.d.
- Wenting Dinga, Yuji Hasemia, Tokiyoshi Yamadab. "Natural ventilation performance of a double-skin." *Elsevier* (2004).
- Yousefi, Fatemeh, Yaghob Gholipour and Wei Yan. "A study of the impact of occupant behaviors on energy performance of building envelopes using occupants' data." *ELSEVIER* (2017): 17.

---

(Bakker, Hoes-van Oeffelen y Loonen)