



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

Campo de Conocimiento: Tecnologías

SISTEMA DE ADAPTACIÓN TÉRMICA EN ZONAS ÁRIDAS

Tesis

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

Maestro en Arquitectura

PRESENTA:

Arq. Gabriel Iván López Romero

TUTOR:

Dr. Roberto Pliego Martínez

Facultad de Estudios Superiores Aragón

COMITÉ TUTOR:

Mtro. Sergio Alfonso Martínez González (Facultad de Estudios Superiores Aragón)

Mtro. Alejandro Cabeza Pérez (Posgrado Arquitectura, UNAM)

Mtro. Humberto Islas Ramos (Facultad de Estudios Superiores Aragón)

Dra. Adriana Lira Oliver (Facultad de Arquitectura)

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México, Enero 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

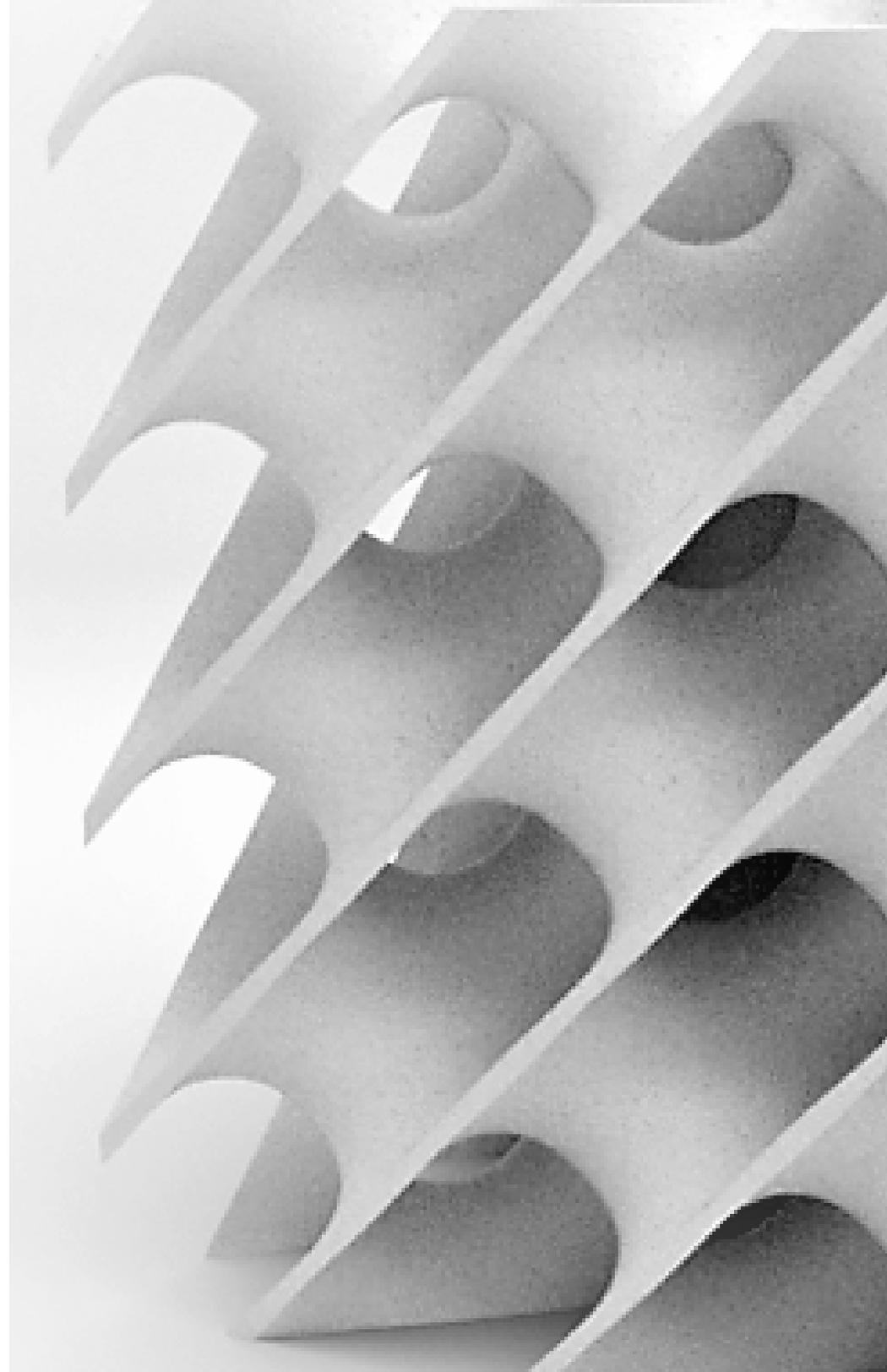
DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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.

Sistema de adaptación térmica en zonas áridas

Arq. Gabriel Iván López Romero



JURADO

TUTOR:

Dr. Roberto Pliego Martínez

SINODALES:

Mtro. Sergio Alfonso Martínez González

Mtro. Alejandro Cabeza Pérez

Mtro. Humberto Islas Ramos

Dra. Adriana Lira Oliver

Dedicatoria

En memoria de aquellos seres que en el transcurso de esta investigación no pude acompañarlos en sus últimos días con vida y que lamentablemente tampoco logré despedirme de ellos:

A mi abuelo Humberto Lopez Cota (Tata Beto) que su vida y sus raíces indígenas “Yoremes” siempre han sido motivo de inspiración para seguir adelante.

Y a mi mejor amigo, mi compañero y mi gran admirador, mi perro “Tosali”. Sus ojos negros en ese pelaje blanco me miraban y me hacía sentir grande. espero algún día realmente ser, tan siquiera la mitad de lo que me hiciste sentir que era para ti.

Mi abuelo me conto, entre muchas otras cosas de los Yoremes, que la palabra “Tosali” para ellos es el color blanco.



Agradecimientos

A mi familia por su gran apoyo durante esta investigación. La alegría y amor incondicional brindados por mi madre, Rita es a ella quien le cuento todos mis enojos y frustraciones. A mi abuela Emilia, por su energía y sus palabras de impulso, “no te desespere”. Mi padre, por su interés en los temas investigados. A mi hermana Gloria, quien es mi modelo a seguir. Y a Carlos, que a pesar de que somos tan diferentes me aguantó un semestre en su departamento.

A mi tutor Dr. Roberto Pliego por su paciencia y apoyo en la realización de este documento.

A mi sínodo, por haberme brindado la oportunidad de participar con ellos, en este trabajo de investigación. Al Mtro. Sergio Martinez, por su dedicación en la revisión de mi tesis y sus consejos. Al Mtro. Alejandro Cabeza, por la accesibilidad que me brindo durante la investigación. Al Mtro. Humberto Islas, que gracias a su enseñanza me motivo a explorar más allá de la disciplina de la arquitectura.

A mis profesores M. en C. Eduardo Velazquez, por su paciencia para mostrarme un nuevo camino en la investigación con las superficies mínimas. A la Dr. Adriana Lira y al Mtro. Rodolfo Vilchis por abrirme las puertas al Laboratorio de Entornos Sostenibles, donde se realizaron las practicas necesarias para el análisis dentro del proyecto CONACyT SENER 260155.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para la realización de este trabajo de investigación.

A mis compañeros, por su retroalimentación en cada clase, de cada uno de ellos me llevo algo aprendido. Pero en especial a mi compañera Michel, por su apoyo y por las pláticas, a veces discusiones sobre temas de nuestro interés que, nos hicieron tomar un camino para nuestra investigación.

Índice

Introducción—	15
Capítulo 1 Sistemas para el control térmico—	21
1.1 Sistema	21
1.1.1 Concepto de sistema y no sistema	21
1.2 Confort	24
1.2.1 Clima, tiempo y biomas	27
1.2.2 Temperatura y humedad	29
1.2.3 Vientos	33
1.2.4 Psicometría	35
1.2.5 Adaptación o control térmico	37
Capítulo 2 Sistemas de acondicionamiento de espacios—	43
2.1 Sistemas de activos, pasivos y mixtos	43
2.2 Torres de viento	46
2.3 Enfriamiento Evaporativo	47
2.4 Envolverte Cinética, Tesis de maestría en Arquitectura. Arq. Gustavo Moya González	49
Capítulo 3 Evolución de los sistemas de acondicionamiento—	55
3.1 Descripción del medio	55
3.1.1 Desierto y zonas áridas	55
3.1.2 Desierto de Sonora	57

3.2 Asentamientos humanos	58
3.2.1 Adaptación de los grupos humanos al caso de estudio	58
3.2.2 Recursos	67
3.3 Introducción a los sistemas de acondicionamiento activos	68
3.3.1 En el mundo	68
3.3.2 En México y Sonora	73
Capítulo 4 Soluciones arquitectónicas frente a situaciones climáticas—	77
4.1 Soluciones arquitectónicas	77
4.2 Desapego urbano – ambiental	79
4.3 El sistema de acondicionamiento activo como centro del diseño arquitectónico	82
4.4 Energía y medio	84
Capítulo 5 Propuesta de sistema de adaptación térmico—	91
5.1 Esquema de variantes	92
5.2 Elección de la forma	97
5.2.1 Flujo del aire	97
5.2.2 Forma	98
5.2.3 Materiales	100
5.3 Modelado	101
5.3.1 Programación	101
5.3.2 Modelado MAYA AUTODESK	101

5.4 Simulación de la propuesta	104
5.5 Propuesta de sistema de adaptación térmica	114
Conclusiones—	118
Bibliografía—	119
Apendice 1 Experimentación virtual con la forma—	129
Anexo I Clasificación climática de Koppen—	139
Anexo II Carta Psicométrica—	140

Introducción

El concepto de arquitectura y la manera de hacer arquitectura ha ido cambiando a través del tiempo, desde satisfacer una necesidad de habitar el medio que lo rodea, hasta la actualidad donde influyen variables de tiempo y economía. Hemos llegado a un momento en que la relación directa con nuestro entorno se ha ido perdiendo.

Las soluciones arquitectónicas actuales han llevado a la modificación y manipulación del medio, con el fin de crear un ambiente artificial y pretendiendo tener el control de este. Lo anterior mencionado se manifiesta en lugares con condiciones ambientales extremas como las zonas áridas, tal es el caso de la ciudad de Hermosillo (Imagen 1).

Es común encontrar en estas zonas sistemas de acondicionamiento activo, que proporcionen a la arquitectura las

condiciones de confort necesarias para habitar. Pero la creación de un medio artificial para satisfacer esta necesidad demanda bastante energía. Debemos aceptar y aprovechar la alteración de las condiciones del medio para crear una solución arquitectónica adaptable.

La fundamentación de este tema es el problema de las soluciones arquitectónicas actuales frente a las condiciones ambientales en las zonas áridas y como se desencadenan una serie de consecuencias que afectan tanto al medio ambiente, al consumo energético y al diseño arquitectónico.

En la fotografía superior de la imagen 1 podemos observar cómo se adaptaron las civilizaciones del desierto a las condiciones ambientales con su arquitectura tradicional. En cambio, en la fotografía inferior observamos como la arquitectura actual busca soluciones de crear un medio artificial para satisfacer el confort lo que provoca un consumo excesivo de energía.



Imagen 1 Soluciones arquitectónicas frente a condiciones ambientales. Castillo de Montezuma (superior) Fuente: <http://viajes.elpais.com.uy>. Torre de Hermosillo (enmedio) Fuente: Instagram Hermosillocity y Central de ciclo combinado agua prieta (abajo) Fuente: Archivo propio.

Las zonas áridas representan más de la mitad del territorio mexicano¹, en ellas se encuentran condiciones ambientales singulares que podrían aprovecharse para crear una solución adaptable aprovechando los recursos brindados por el medio.

El objetivo de esta investigación es diseñar una propuesta de un sistema de adaptación térmica para las zonas áridas, que logre la optimización de los recursos. Este sistema debe de ser capaz de interactuar directamente con las condiciones ambientales del exterior, creando una relación entre el objeto arquitectónico y el medio.

Se comenzó trabajando con la hipótesis de que un sistema de adaptación térmica en zonas áridas, brindara solución a los factores climatológicos que afectan al objeto arquitectónico y ayudará a reducir el consumo excesivo de energía eléctrica.

1. Flores, M. (2011). Las zonas áridas y semiáridas de México, las menos exploradas, del Instituto de Biología UNAM, Sitio web: dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2011_763.html

Sin embargo, esta idea fue tomando forma durante la investigación sobre sistemas complejos.

Los avances tecnológicos en la producción digital han permitido la exploración de formas y métodos de diseño en diferentes disciplinas, llevando a la transdisciplinariedad y creando nuevas posibilidades para las soluciones arquitectónicas.

En este trabajo de investigación se realizó una experimentación virtual con superficies mínimas con materiales emergentes, para obtener como resultado una envolvente arquitectónica con el fin de reducir la temperatura del viento que ingrese al interior.

Para tal propósito, se modelaron superficies para ser sometidas a pruebas termodinámicas en una simulación con el software Ansys fluent, se determinó como la opción más factible la superficie de Scherk y posteriormente se modela la envolvente con la superficie.

Por último, se lleva a un análisis termodinámico con Ansys Fluent para comprobar su efectividad.

Este documento se desarrolla en cinco capítulos, primero se llega a una aproximación al tema mediante la ubicación en el contexto, analizando las circunstancias de la situación en un conjunto de conceptos relacionados: Sistema, confort, clima tiempo y biomas, temperatura y humedad, vientos y psicometría. Definiciones fundamentales para crear una referencia a adaptación o control térmico.

En el segundo capítulo se analizan opciones relacionadas al objetivo deseado. Empezando con las clasificaciones de los sistemas de acondicionamiento en espacios, además de algunas estrategias utilizadas por la arquitectura como torres de viento y enfriamiento evaporativo. Por último se analizará una investigación muy relacionada con el tema acerca de una

envolvente cinética.

El siguiente capítulo busca crear una relación entre la ubicación geográfica e histórica y el problema de investigación. A través de la evolución de las civilizaciones en el desierto de Sonora y como influyeron a los cambios en las soluciones arquitectónicas.

El cuarto capítulo se analizan las consecuencias creadas por el problema de investigación, como el desapego urbano ambiental, el sistema de acondicionamiento como centro del diseño arquitectónico y el medio ambiente.

Por último, se describe el diseño de la propuesta comenzando con un análisis de condiciones climáticas para crear el diagrama de variables, siguiendo con la elección de la forma más adaptable para la propuesta pasando a la parametrización de la superficie mínima, programación en lenguaje Python y modelado del sistema de adaptación térmica y su aplicación

en una envolvente arquitectónica. Para poder comprobar la efectividad se realiza una simulación termodinámica a través del software Ansys Fluent.

Zonas áridas en México



Sonora podría abastecer a todo el territorio mexicano de energía eléctrica explotando sus recursos naturales².



Sonora coincide con los climas de Irán, Egipto, Arabia, Sahara. Tiene un clima extremo con temperaturas que alcanzan los 52°C y bajan hasta los -15°C³.



Se les llama zonas áridas a aquellos lugares que se encuentren dentro de los desiertos donde la precipitación es menor a los 250 mm anuales.



Más de la mitad del territorio mexicano se encuentra conformado de zonas áridas y semiáridas¹.



1. Flores Olvera María Hilda. Las zonas áridas y semiáridas de México, las menos exploradas (2011), del Instituto de Biología UNAM.
2. Arancibia Camilo. Con la radiación solar que recibe el 1 % de Sonora se podría generar energía suficiente para todo el país (2014).
3. CONAGUA. 2017. Normales climatológicas por estado.
4. Hermosillo tiene 300% menos de áreas verdes. Proyecto puente 2018.

CAPÍTULO

Sistemas para el control térmico

1



Capítulo 1 Sistemas para el control térmico

1.1 Sistema

1.1.1 Concepto de sistema y no sistema

En la vida cotidiana usamos la palabra sistema con mucha frecuencia y en diversas actividades sin comprender del todo su significado o lograr una aproximación concreta a su definición.

En la anatomía, sistema inmunológico; la astronomía, sistema solar, se identifican a simple vista como conjunto de elementos que guardan relación entre sí, y cuyo comportamiento cotidiano persigue algún tipo de objetivo. La palabra sistema procede del latín systēma, y este del griego σύστημα (systema)¹, identificado en español como “unión de cosas de manera organizada”.

La palabra sistema tiene muchas acepciones, cada autor puede interpretarlo a su manera dependiendo

de la ciencia en la cual lo enfatiza, por ejemplo: Spedding habla de sistemas de producción cuando lo describe como:

Un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito común. Son capaces de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas. El sistema no está afectado por sus propios egresos y tiene límites específicos en función de todos los mecanismos de retroalimentación significativos².

Sin embargo, Ludwing von Bertalanffy en la Teoría General de los Sistemas nos habla de la concepción de complejidad que representa el estudio

de los sistemas y que este no debería ser descrito sin conocer del todo lo que involucran las interacciones entre los componentes:

Las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas solamente se presenta cuando se estudian los sistemas globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus subsistemas³.

Es posible entonces decir que cualquier cosa puede comprender un sistema, sin embargo, la conceptualización de la palabra es aún más compleja, debemos comprender claramente qué constituye un sistema y qué no lo es, y está asociado a las propiedades y características esenciales que describen el funcionamiento de uno.

1. Definición de Sistema. Real academia española. Rescatado noviembre 2017

2. Spedding. (1979). An Introduction to Agricultural System. Londres: Applied Science Publishers.

3. Mosquera, J. (2007). Arquitectura y complejidad. Colombia, Universidad de Pamplona. Pag. 5

Para que un conjunto de objetos pueda actuar como un sistema, tienen que existir relaciones o conexiones de alguna forma u otra entre las partes individuales que constituyen el sistema, por el contrario solo serían un grupo de elementos.

Por ejemplo, el medio de las zonas áridas, el sujeto y los elementos arquitectónicos no constituyen un sistema hasta que todo esto lo integremos con un objetivo específico como el control térmico, y este funcionando de manera que se puede comprender las interacciones entre estos tres componentes para llevar a cabo la función. Antes de adjudicarles el objetivo no existió conexión alguna, entonces no pueden reaccionar como un todo y por lo tanto no constituyen un sistema (Gráfico 1).

Algunos sistemas pueden ser estables, y mantener un equilibrio entre los recursos. Por ejemplo: en caso de que los recursos que provee el medio

fuesen insuficientes, o fueran alterados de forma natural, debemos de tomar en cuenta que los demás componentes puedan actuar automáticamente de tal manera que no deje de cumplirse el objetivo del sistema.

La forma más eficiente para la optimización de recursos sería que se tuviera en consideración un componente alternativo, ligado al sujeto y los elementos arquitectónicos, como los sistemas mecánicos de climatización para nuestro caso. El sistema debe seguir funcionando al

reaccionarse a un estímulo recibido de fuerzas externas.

Los sistemas normalmente están organizados por tres niveles, primeramente, el sistema como parte de un mecanismo o una organización, en segundo el medio que lo rodea, es de donde recibirá recursos para sostenerse y las interacciones necesarias entre los componentes. Y por último subsistemas, componentes más complejos que podrían ser tomados como sistemas dentro de un sistema con un objetivo específico.



Gráfico 1. Esquematización de sistema de control térmico Fuente: Elaboración propia

Definiendo lo anterior podemos considerar a un sistema abierto como aquel donde existe una interacción con el medio que lo rodea y existen intercambios de energía e información. Un sistema cerrado como todo lo contrario, las interacciones con el exterior son menores o nulas y pueden permanecer individuales del medio que lo rodea.

La teoría general de sistemas de Bertalanffy describe las características que identifican a los sistemas: totalidad, sinergia, entropía, equipotencialidad, finalidad, retroalimentación, homeostasis y morfogénesis.

Sin embargo, algunas de estas características no son restrictivas para los sistemas, ya que, a lo largo de la historia esta teoría ha sido modificada y mejorada por diversos autores. Bertalanffy⁴ describe las características fundamentales para el funcionamiento de los sistemas:

4. Ludwing, B. (1968). Teoría general de los sistemas. Nueva York: George Braziller. Pag. 49 a 45

Totalidad: El sistema trasciende de las características individuales de sus componentes, es decir el objetivo alcanzado es llevado más allá de los alcanzables por las funciones de sus partes. Como e ha mencionado cada una de sus partes tiene objetivos para tareas específicas con la cual lograrán el objetivo principal.

Sinergia: Todo cambio en alguna de las partes afecta a todos los demás, sin embargo, dependiendo del tipo de sistema este puede estabilizarse, o bien generar un caos donde surgen emergencias.

Equipotencialidad: Permite a las partes restantes asumir las funciones de partes que fallen. Es decir, del sistema dependerá que otra componente actúe en caso de ser necesario.

Morfogénesis: Este término es llamado así en la teoría general de sistemas y se define como todo sistema es propenso al cambio. Podríamos llamarlo también como adaptaciones o

dicho por otros autores emergencias, donde cualquier cambio dentro del sistema podrá formar nuevas interpretaciones.

En conclusión, la definición de un sistema esta ligado a la manera de organizar los elementos que tomamos de él y del objetivo que presentan. después de conocer el significado de la palabra, podemos continuar con los siguientes subcapítulos donde describiremos los sistemas de acondicionamiento.

1.2 Confort

La palabra confort proviene del latín Confortare, con (Junto) y fortare (hacer fuerte), la misma raíz de la palabra confortar utilizada como animar o dar fuerzas. Según la norma ISO 7730 confort es definido como⁵:

Condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico

El confort en general podemos definirlo como aquella reacción del cuerpo que produce bienestar o satisfacción, de modo que podemos encontrar diferentes tipos de confort dependiendo de la satisfacción que queremos lograr.

Para entender el concepto de confort térmico tenemos que comprender que el cuerpo humano es una máquina de producción de calor al metabolizar alimentos, y

5. Norma ISO 7730. Ergonomics of the thermal environment. International Organization for Standardization. Suiza 2005. Pag. 7

está en constante pérdida cuando se encuentra en contacto con el ambiente que lo rodea. La velocidad con la que ocurre esta pérdida de calor es la que determina si una persona siente calor o frío⁶.

El hombre obtiene su energía de las calorías consumidas en sus alimentos. Después de comerlos son procesados para transformarse en energía ya sea mecánica, eléctrica o calorífica. Este procedimiento sirve para mantener la temperatura corporal interna de 37°C.

El bienestar higrotérmico se establece cuando el cuerpo pierde calor a una velocidad adecuada. El ritmo al que pierde energía calorífica el cuerpo humano se le denomina actividad metabólica.

Existen seis factores que influyen el confort de un ser humano: El metabolismo, el aislamiento generado por la ropa, la temperatura radiante, la temperatura del aire y su velocidad y la

6. Guyton, A. (2016). Fisiología médica. Barcelona: Elsevier.

humedad relativa⁷.

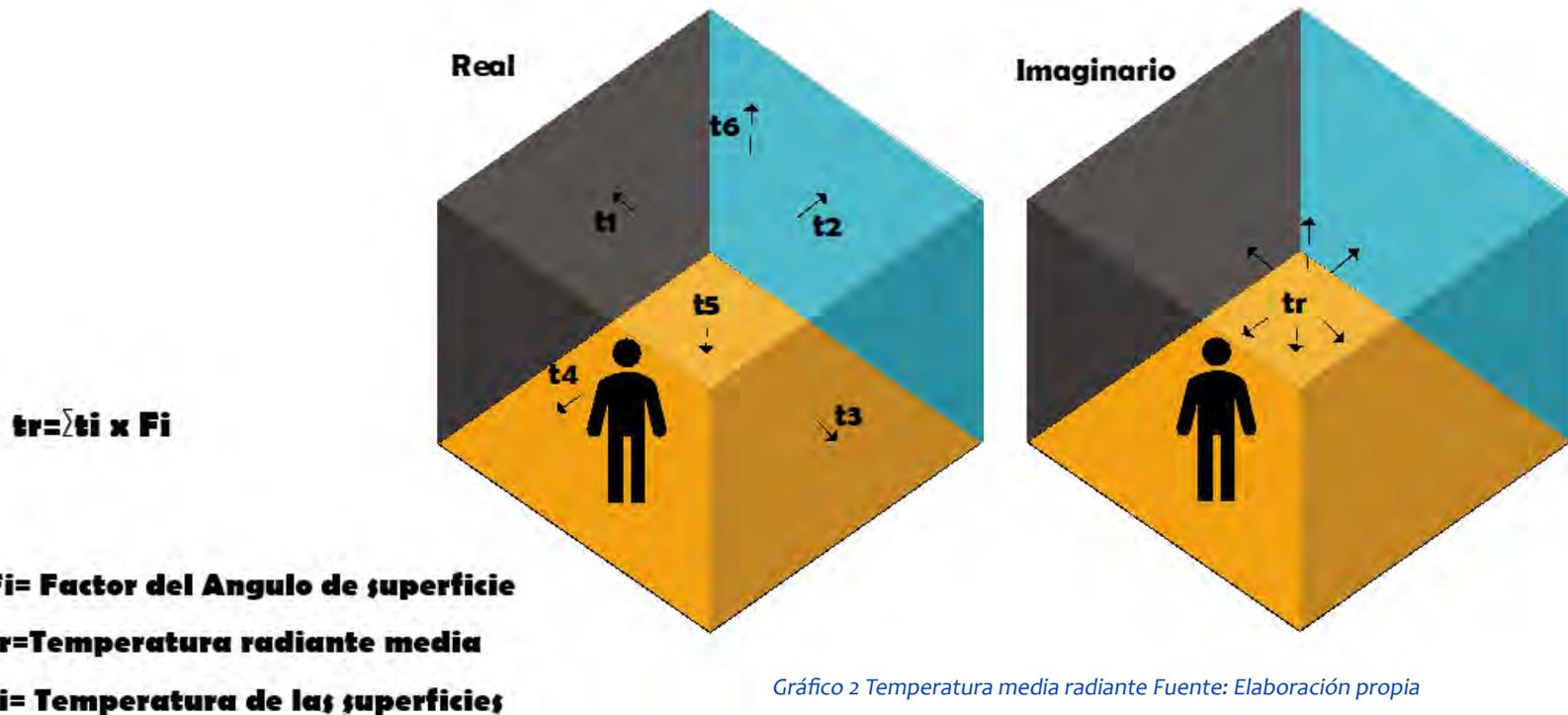
Los primeros dos son subjetivos ya que tiene que ver con la sensación de cada persona, para esto la psicometría hace un análisis y determinación de datos para llegar a un promedio por zonas. Los siguientes cuatro son factores ambientales y se generan a partir de una serie de datos meteorológicos en un sitio o zona específica.

Además de estos seis factores existen una serie de parámetros físicos derivados de los anteriores como la temperatura media radiante, temperatura equivalente, temperatura operativa y temperatura operativa húmeda⁸.

La temperatura media radiante (Gráfico 2) se utiliza para conocer la transferencia de calor por radiación que produce un cuerpo, comparado como un espacio imaginario. Supongamos que pasamos de un espacio real a

7. Fanger, P. (1973). Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company, New York

8. Godoy, A. (2012). Confort térmico adaptativo (Tesis de maestría). UPC. Cataluña



uno imaginario, donde consideramos las temperaturas de las paredes, suelo y techo a la misma temperatura para que la transferencia de calor desde o hacia el cuerpo sea la misma que el espacio real⁹.

La temperatura equivalente (Gráfico 3) es parecida a la anterior, sin embargo, además de la transferencia de calor por radiación en esta se involucra la convección. Haciendo la misma suposición del concepto anterior, es la que debe tener las superficies de un espacio imaginario y el aire, para que estas puedan provocar la misma transferencia de calor que un recinto real¹⁰.

9. Godoy, A. (2012). Confort térmico adaptativo (Tesis de maestría). UPC. Cataluña

10. Chávez, F. (2002). Zona variable de confort térmico (Tesis de doctorado). UPC. Barcelona

$$t_o = \frac{h_r \cdot t_r + h_c \cdot t_a}{h_r + h_c}$$

t_o= Temperatura operativa

t_a= Temperatura ambiente

t_r=Temperatura radiante media

h_r= Coeficiente de transferencia de radiación

h_c= Coeficiente de transferencia por convección

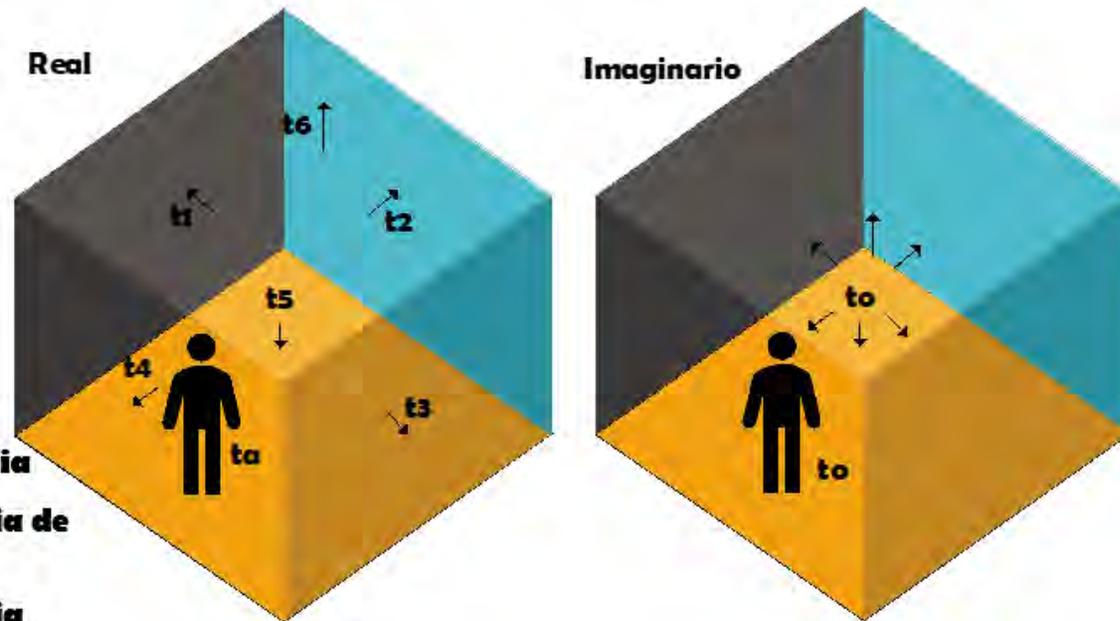


Gráfico 3 Temperatura equivalente Fuente: Elaboración propia

La temperatura equivalente es considerando que la velocidad del viento del espacio imaginario estará en reposo, es decir menor a 0.4 m/s. A diferencia de la temperatura operativa donde si se involucra un movimiento del aire, además de los coeficientes de transferencia de calor de energía calorífica por radiación y convección.

Comprendiendo que el confort térmico es la sensación por mantener estable las condiciones entre el frío y el calor del cuerpo humano, necesitamos establecer las relaciones de los factores ambientales que pueden afectar y cómo son producidos en determinados sitios.

1.2.1 Clima, tiempo y biomas

Los biomas pueden ser definidos como las comunidades del mundo y se clasifican acorde a las principales características de vegetación y organismos por la adaptación de cada ambiente¹¹.

Podemos conceptualizar a los biomas como un conjunto de ecosistemas ligados a un área geográfica determinada, donde comparten características derivadas de las condiciones climáticas y forman una relación entre cada uno de los elementos que integran estos ecosistemas, de tal manera que si hay una mínima alteración afectaría a todo el bioma.

El clima y el tiempo atmosférico son conceptos muy parecidos, difieren en cuanto a temporalidad y extensión geográfica. Para poder diferenciarlos especialistas de la NASA publicaron ¹¹. Campbell, N. (1996). Biology, 4th Edition. Menlo Park, California. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

un artículo el cual describen las características de estos conceptos:

La diferencia entre el tiempo atmosférico y el clima es la medición en el tiempo. El tiempo son qué condiciones de la atmosfera ocurren en un corto periodo (minutos a meses), y el clima es el comportamiento de la atmosfera en periodos relativamente largos¹².

De acuerdo con la definición, el tiempo se podría describir como el comportamiento de la atmosfera en situaciones diarias, tomando en cuenta que hay lugares donde el tiempo puede cambiar en un minuto como en un día y de que manera este comportamiento influye en actividades diarias y ritmos de vida del ser humano.

Muchos autores se han dedicado a hablar del clima o la climatología

¹². Marshall, S. , NASA/GSFC, Shindell, NASA/GISS y M. O'Carroll, NASA/GSFC. NASA - What's the Difference Between Weather and Climate? (2005). Estados Unidos. NASA Sitio web: nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html Párrafo 1, 5 y 11

a lo largo de los años en diversas investigaciones, las expresiones utilizadas hacen referencia a variables meteorológicas, variaciones en la atmosfera, valores promedio de las condiciones atmosféricas, entre otras. El clima es el resultado integral de las variaciones de la atmósfera en un lugar y un momento determinado, para una región concreta y a lo largo de muchos años.

El clima es la sucesión de las condiciones de humedad y temperatura en los periodos estacionales, en un lugar, región e incluso continente. La acción del clima es la que interfiere en la vida, la formación de suelos, en la vegetación natural y las actividades.

La etimología de la palabra nos indica que hace referencia a las diferentes inclinaciones de los rayos solares en su recorrido, al provenir del griego Klima cuyo significado es inclinación. Pero hoy sabemos que la inclinación es solo uno de los factores

que determinan las condiciones para que se pueda formar el clima en una región.

Por las variaciones en las definiciones resulta difícil llegar a una aproximación universal de su palabra, sin embargo, gracias al estudio del clima y su incidencia en el ser humano, se conocen las condicionantes que llegan a determinar el clima en cierta región, llamados factores climáticos los cuales

dan como resultado a los elementos del clima, propiedades climáticas que de forma conjunta son las encargadas de definir el clima de un lugar en un periodo determinado.

La relación entre el clima, los factores y los elementos del clima se pueden interpretar en el siguiente (Gráfico 4):

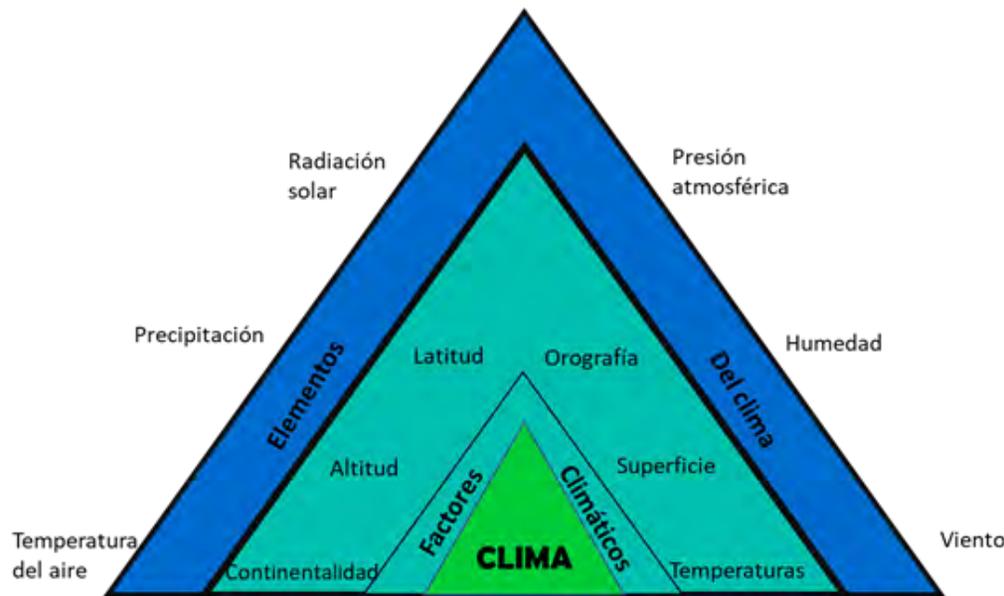


Gráfico 4 Relación entre clima, factores climáticos y elementos Fuente: Elaboración propia

Existen componentes que pueden formar o afectar al sistema de climas terrestre. Estos se pueden clasificar en internos y externos, dependiendo de dónde se originen las causas de los componentes¹³.

Los internos son aquellos situados dentro del planeta tierra como los océanos, los continentes y la criosfera, que interactúan entre sí y posibilitan la radiación hacia la tierra, la circulación de los vientos y el ciclo del agua, procesos fundamentales para la formación del clima.

Los externos son aquellos que inciden en el clima, pero no son alterados por él, por ejemplo, el sol interactúa como componente térmico sobre la tierra que determina la formación del clima, pero al sol no le afecta el clima terrestre.

Para la clasificación de los climas se toman en cuenta la temperatura, precipitaciones, duración y reparto

13. Pelayo, C y Escalante, M. (2001). Geografía, segunda edición. Mexico : Santillana.

de la iluminación. Koppen (Gráfico 5) divide los climas del mundo en cinco grupos (ver anex01).

En conclusión, podemos afirmar que las diferencias entre cada uno de estos factores es que, hablar del tiempo se refiere a los cambios en la atmósfera percibidos en lapsos cortos

relacionados a las actividades del ser humano, no obstante, el clima intenta definir las condiciones constantes de la atmósfera en un lugar específico, durante periodos largos de tiempo. Por último, los biomas son cuando se logra involucrar la vida en estas condiciones, creando ecosistemas.



Gráfico 5 Clasificación climática de Koppen para la República Mexicana. Fuente: INEGI

1.2.2 Temperatura y humedad

La temperatura simplemente es una forma de medir que tanto nivel de energía en forma de calor se puede percibir.

La temperatura se considera como una descripción del nivel de calor teniendo en cuenta el calor como energía en la forma de moléculas de movimiento. El punto inicial de la temperatura es, por tanto, el punto inicial del movimiento molecular¹⁴.

Para comprender el concepto es necesario saber cómo se comporta el calor como energía. Sabemos que el agua entra en evaporación a los 100°C y en congelación a los 0°C, pero esta afirmación depende de varios factores involucrados en la transferencia del calor como energía en el medio ambiente que lo rodea.

14. Whitman W. y Johnson W. (2011). Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado tomo I. Madrid España. Paraninfo.

Entonces, el agua pura tiene una temperatura de ebullición de 100°C siempre y cuando este al nivel del mar y cuando la temperatura de la atmosfera este a 20°C, el punto de ebullición es afectado directamente por la precisión en la que se encuentren estos factores.

Existen dos sistemas principales para medir la escala de la temperatura, Celsius para el sistema métrico decimal (SMD) utilizado en la mayor parte de los países y el sistema Fahrenheit utilizado por el sistema ingles (SI) en algunos países (Gráfico 6)¹⁵.

Además, existen los llamados sistemas de temperaturas absolutas (STA). Las escalas de temperatura absoluta comienzan en el punto donde el movimiento molecular se detiene y utilizan el 0 como inicio. Por ejemplo, sabemos que el agua pura se congela a los 0°C, sin embargo, esto no quiere decir que el movimiento molecular se detenga a esa temperatura.

15. Whitman W. y Johnson W. (2011). Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado tomo I. Madrid España. Paraninfo

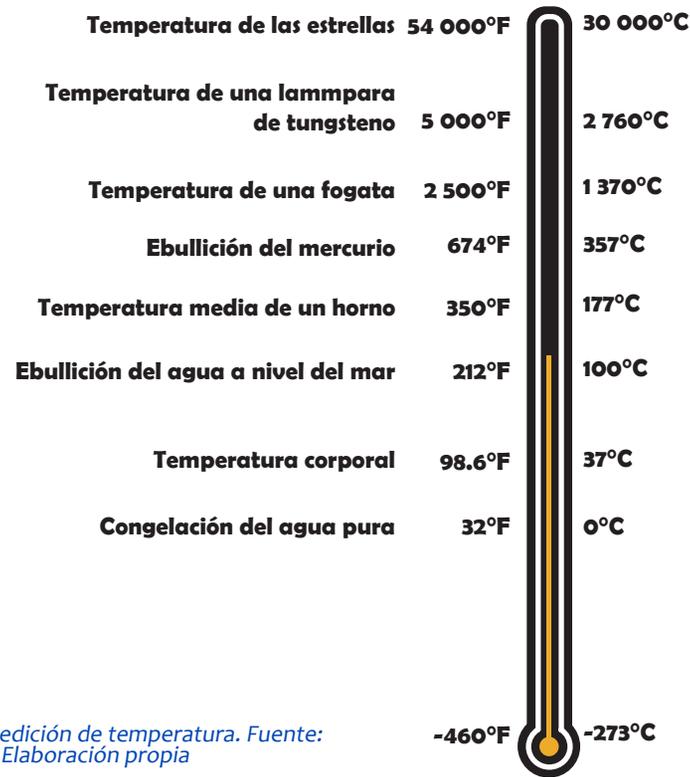


Gráfico 6 Medición de temperatura. Fuente: Elaboración propia

La detención completa del movimiento molecular se denomina cero absoluto y es cuando la temperatura llega a los - 273°C. En el sistema inglés con temperaturas en Fahrenheit es utilizada la escala de Rankine y para el sistema de temperatura Celsius en el SMD la escala Kelvin.

La temperatura es la que nos indica el nivel de calor con referencia a la ausencia del mismo. Para describir la cantidad de calor que se contiene en una sustancia se utiliza la unidad térmica británica (BTU) y caloría para el SMD. Una caloría se define como la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de un gramo de agua 1°C

Cuando existe una diferencia de temperaturas entre dos sustancias se produce una transferencia de calor. A mayor diferencia de temperaturas, mayor será la transferencia calorífica, el calor fluye naturalmente de las sustancias más calientes a las más frías.

Haciendo una analogía de los conceptos de nivel de calor y cantidad de calor, se tienen dos tanques de agua con las mismas dimensiones superficialmente, pero a diferencia de que uno tiene 2 metros de profundidad y el otro 200 metros, los dos tanques no tienen la misma capacidad de almacenamiento de agua, de la misma manera pasa con el calor, el de mayor profundidad tendrá más capacidad de retener calorías. La temperatura en esta analogía pasaría ser el nivel de profundidad del tanque.

El frío es una expresión comparativa para expresar la ausencia de calor, no es un valor real, no tiene valores numéricos, y siempre está

condicionada a factores subjetivos de referencia como la temperatura normal esperada en la misma época del año o la temperatura comparada del espacio interior con el exterior.

La forma en la que el calor es transferido de un cuerpo a otro se puede dar por conducción, convección y radiación (Gráfico 7)¹⁶.

- La conducción es la transferencia

16. Rolle, K. (2006). Termodinámica. México: Pearson.

de energía entre una molécula y otra, a medida que una parte del material es calentado pronto todo el material estará caliente por el simple hecho de estar en contacto las moléculas.

- Convección es la transferencia proporcionada por fluidos ya se líquidos o gases, que al estar en un cambio de temperaturas transportan las moléculas de calor hacia otros fluidos o superficies sólidas.

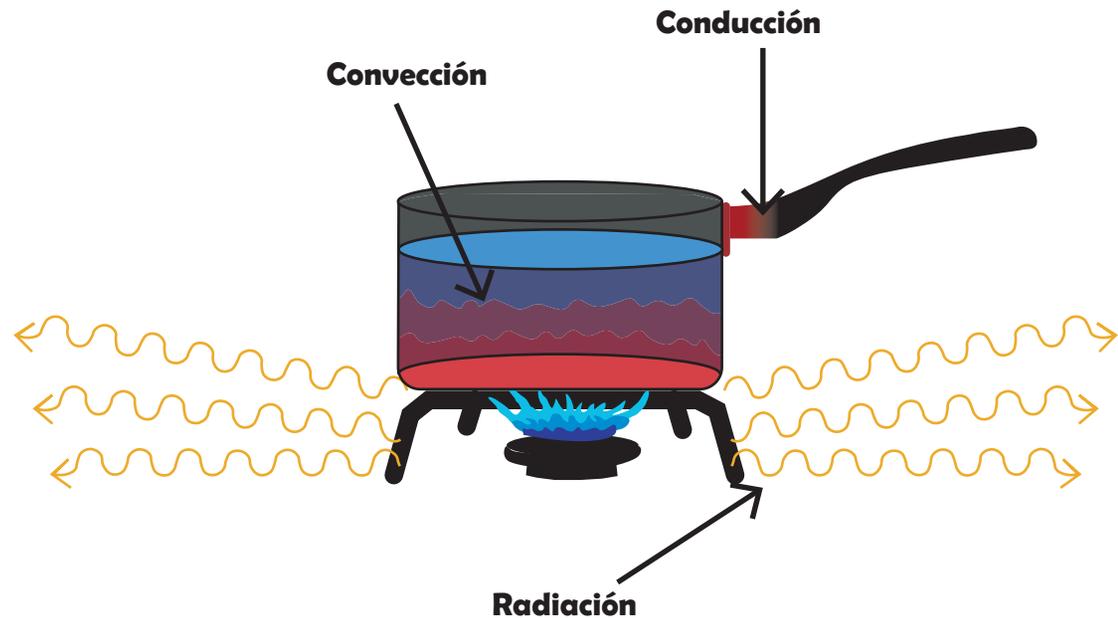


Gráfico 7 Diferencia entre Convección, Conducción y Radiación Fuente: Elaboración propia

- Radiación. Esta forma de transmisión de calor viaja a través del espacio sin calentar a este y es absorbido por los cuerpos sólidos que encuentra. El calor radiante no transfiere el valor real de temperatura, si no que disminuye de acuerdo con la distancia en la que se encuentra.

Estos tres modos de transferencia de calor son fácilmente explicables con la siguiente analogía, donde se tiene un recipiente de agua en la estufa, la conducción sería el calor transferido de la flama a la cacerola, la convección sería el calor que transfiere al aire en forma de vapor de agua, y la radiación es el calor que sentimos al acercarnos a nuestra mano al recipiente con agua sin tocarlo.

Dependiendo de la manera en la que medimos la transferencia de calor lo podemos clasificar en¹⁷:

- Calor medible. Es el calor medido fácilmente cuando cambia la

temperatura.

- El calor latente es aquel que se añade calor, pero no existe un incremento en la temperatura.

- El calor específico es la cantidad necesaria para incrementar la temperatura de 1kg de sustancia 1°C y cada sustancia tendrá un calor específico distinto.

Las temperaturas se pueden clasificar dependiendo de qué tomamos en cuenta para la medición:

- Temperatura de bulbo seco. Es la temperatura normal medida por un termómetro en seco.

- Temperatura de bulbo húmedo. Para medir esta temperatura es necesario tener un termómetro de bulbo, un termómetro convencional con un bulbo envuelto en un paño de algodón mojado con agua. Al proporcionarle una corriente de aire o movimiento el agua se irá evaporando en dependencia de la humedad relativa

del ambiente.

Estas dos temperaturas son necesarias para calcular la humedad relativa del aire y la temperatura de rocío.

La humedad es la cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera. Se debe a la evaporación de las aguas por efecto de la temperatura, lo que también depende de las variaciones entre la humedad del aire.

La humedad ambiental es la cantidad de vapor de agua presente en el aire y se puede expresar de forma absoluta o relativa. La relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura.

La humedad y la temperatura son dos factores relacionados con las leyes de la termodinámica, los cuales son necesarios para determinar las condiciones de los movimientos de masas de aire.

17. Rolle, K. (2006). Termodinámica. México: Pearson.

1.2.3 Vientos

El viento es el aire en movimiento, grandes masas que se mueven horizontal y verticalmente generando corrientes de aire. Su desplazamiento se debe principalmente a cambios en la presión atmosférica.

La presión atmosférica podemos definirla en física, como la fuerza que ejerce la masa de aire sobre la superficie terrestre, debido a la atracción de la tierra.

El peso del aire sobre la superficie terrestre a una altura de nivel del mar, equivale aproximadamente un kilogramo por centímetro cuadrado (kg/cm²). Para darnos una idea, esto equivale a que una persona soporte un cubo de plomo de unas 17.5 toneladas¹⁸.

El cuerpo humano está adaptado a estos niveles atmosféricos para su vida en la tierra, por lo que, al cambiar la presión, es afectado

considerablemente con problemas de salud.

La presión atmosférica varía por la influencia de los factores terrestres:

- La altitud. La altura respecto al nivel del mar, a mayor altitud, la atmósfera pesa menos por lo que existe una menor presión atmosférica.
- Temperatura. Cuando el aire se calienta se expande, aumenta su volumen y el peso es reducido. Caso contrario, al enfriarse incrementa su peso dando lugar a las presiones altas.

El aire se expande al calentarse, lo

que provoca que este sea desplazado con mayor facilidad, aumentando su velocidad. Cuando el aire se mueve, se genera una zona de baja presión. Conforme sube el aire caliente, la temperatura atmosférica baja y lo enfría, al perder calor se contrae y desciende hasta rozar la superficie terrestre.

Los vientos al trasladarse de una zona de alta presión a otra de baja deberían avanzar en línea recta, pero por el movimiento de rotación de la tierra, se desvían hacia la derecha en el hemisferio norte, y la izquierda en

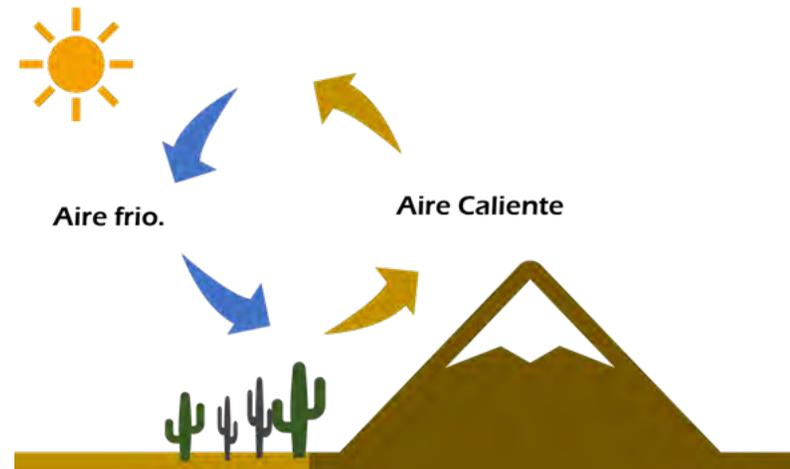


Gráfico 8 Efecto de Coriolis en el aire Elaboración propia

18. Pelayo, C y Escalante, M. (2001). Geografía, segunda edición. México: Santillana.

el hemisferio sur, llamando a este el efecto de Coriolis (Gráfico 8).

La circulación general (Gráfico 9) de la atmósfera es un sistema de vientos que afecta a todo el planeta, depende directamente de la rotación de la tierra¹⁹.

Circulación regional de la atmosfera está ligada con los desplazamientos de los océanos y la temperatura de sus aguas. Los ciclones monzones, brisas, tornados y los frentes son vientos que corresponden a este fenómeno.

Estos vientos reparten el calor de los trópicos hacia los polos, lo que produce una estabilidad de temperatura, además estos desplazamientos permiten el contacto con masas de aire frías y calientes, favoreciendo la distribución de la humedad y el calor atmosférico sobre la superficie.

Cuando dos masas de aire de diferentes temperaturas y distintas humedades se acercan, permanecen

19. Pelayo, C y Escalante, M. (2001). Geografía, segunda edición. Mexico : Santillana.

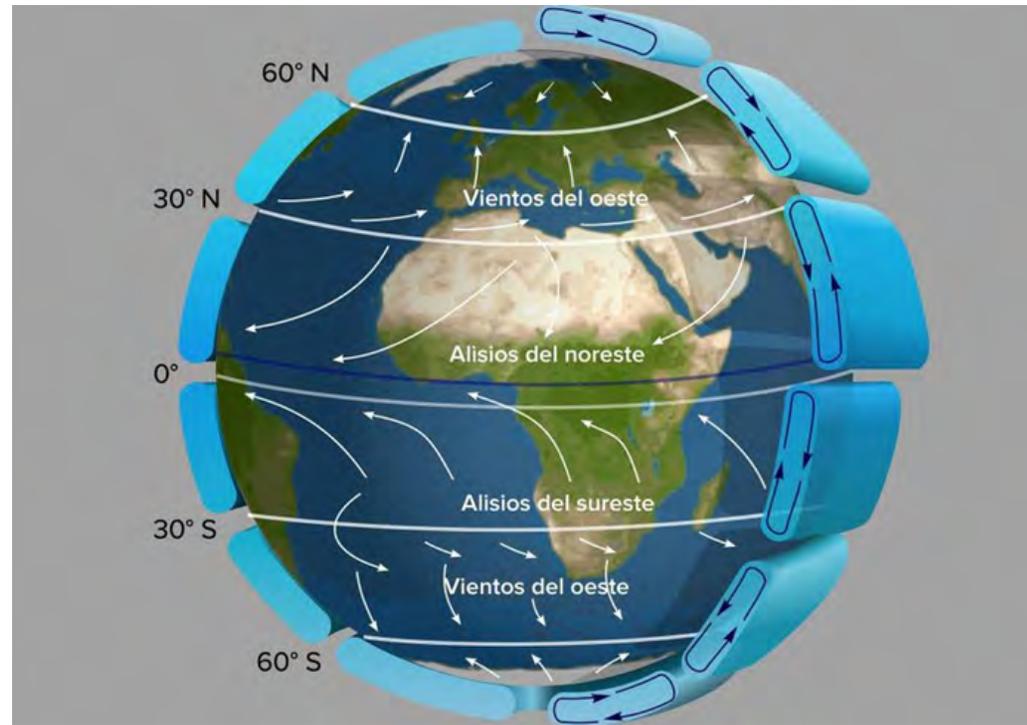


Gráfico 9 Circulación general de la atmosfera en aires fríos y aires secos Fuente: //tiempo.com

separadas sin juntarse y en la zona donde entraron en contacto se genera un frente, esto provoca cambios en el tiempo y ayuda a la distribución del agua en la atmosfera.

- Un frente caliente ocurre cuando una masa de aire caliente alcanza a otra de menor temperatura, la primera por sus densidades tiende a subir y

al perder temperatura, el vapor de agua se condensa provocando lluvias moderadas.

- En un frente frio, la masa de aire frio se queda debajo de la caliente, al condensarse por la altitud su vapor de agua se convierte en precipitación lo que provoca lluvias intensas.

En conclusión, los vientos son originados por varios factores, el principal es el efecto termodinámico de la tierra. Después de conocer las variables que determinan al confort podemos pasar a describir su medición.

1.2.4 Psicometría

Psicometría es llamada por psicólogos como el estudio de las mediciones, datos y técnicas para cuantificar las variables psicológicas del ser humano. En este tema nos enfocaremos en la definición física de psicometría para el estudio del confort, satisfacción y comportamiento humano en relación con el clima.

Entonces la psicometría es la rama de la ciencia que estudia las propiedades termodinámicas del aire y el efecto de la humedad atmosférica en los materiales y el confort humano²⁰.

Ampliando aún más, incluiríamos el método de controlar las propiedades

20. Rolle, K. (2006). *Termodinámica*. México: Pearson.

térmicas del aire húmedo. Lo anterior, se puede llevar a cabo a través del uso de tablas psicrométricas o de la carta psicrométrica (ver anexo II).

Este diagrama o carta representa la relación que existe entre las variables de: temperatura de bulbo seco, humedad relativa, temperatura de bulbo húmedo, punto de rocío y entalpia; además determina el volumen de aire y los gramos de humedad en relación con el aire.

La entalpia es la medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno o alguno de sus componentes.

Por el momento no es necesario saber leer o utilizar del todo esta carta psicrométrica ya que es muy general para la aplicación en arquitectura, afortunadamente esta carta ha sido modificada para el uso de la arquitectura incluyendo la variable del efecto de la

edificación sobre el ambiente interno del espacio.

El llamado diagrama de Givoni (Gráfico 10) esta hecho sobre una carta psicrométrica, pero incluye las estrategias bioclimáticas posibles a implementar en relación con las variables de la carta. En el diagrama se encierran zonas mencionando la estrategia para alcanzar el bienestar de confort.

Tanto la carta psicrométrica como el diagrama de Givoni varían de acuerdo con las zonas donde se van a implementar, ya que fueron realizadas con algunos factores subjetivos en relación con la medición de cada zona²¹.

21. Olgyay V. (1962). *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton: University Press.

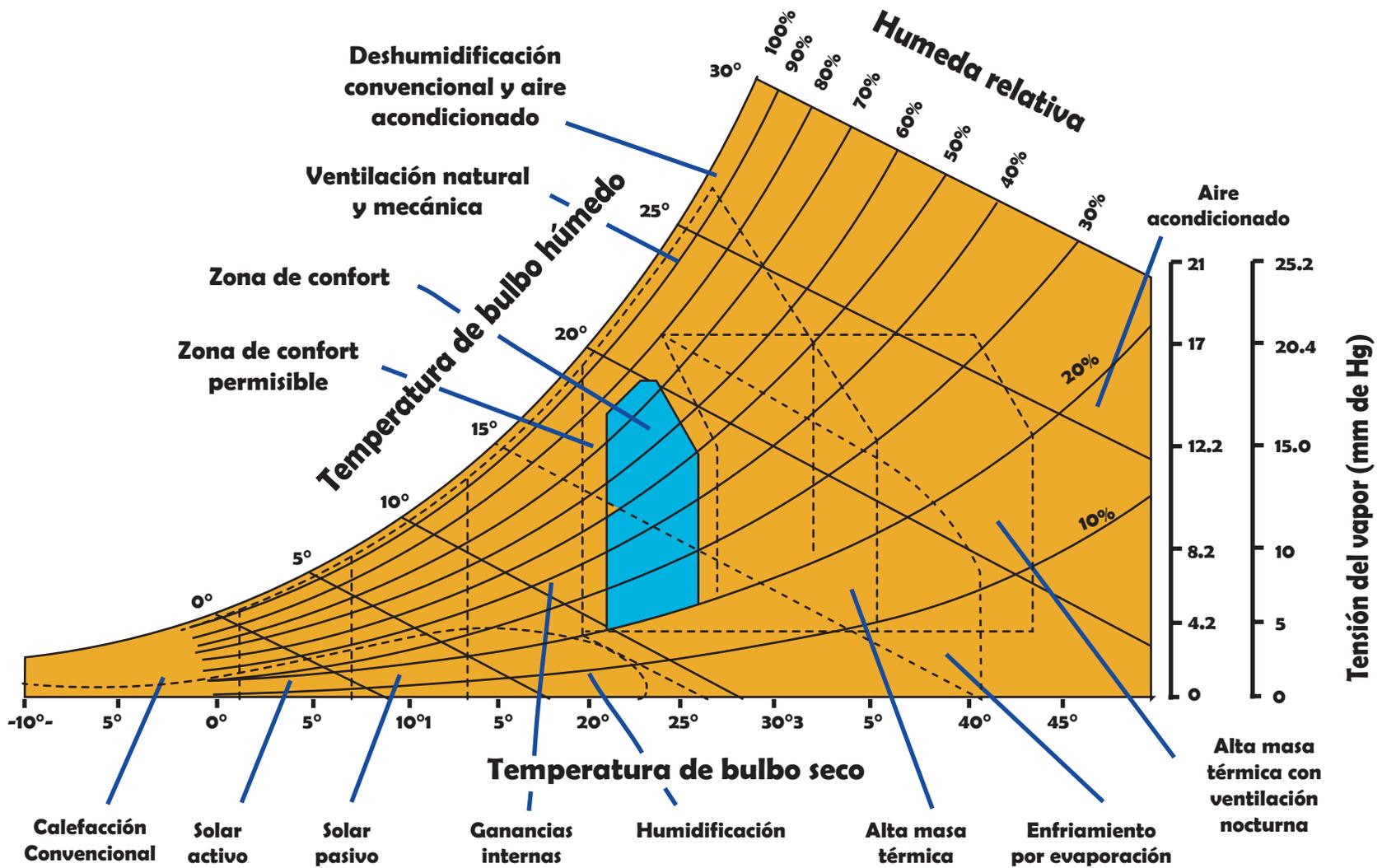


Gráfico 10 Diagrama de Givoni Fuente: Elaboración propia

1.2.5 Adaptación o control térmico

El cuerpo humano es un sistema de acondicionamiento perfecto, mantiene su temperatura interior gracias a un proceso homeostático. Este proceso asegura que se mantenga una temperatura en el interior de 37°C.

Cuando la temperatura del cuerpo sube demasiado, se ponen en marcha dos procesos. Primero la vasodilatación aumentando el flujo de la sangre a través de la piel y como consecuencia el cuerpo comienza a sudar. La sudoración es prácticamente un principio de enfriamiento evaporativo, la energía requerida por el sudor para evaporarse se toma de la piel que está en contacto con el exterior²².

Al contrario, si el cuerpo se está poniendo frío, la primera reacción para los vasos sanguíneos es la

vasoconstricción, reduciendo el flujo de sangre a través de la piel. La segunda reacción es aumentar la producción de calor interior estimulando los músculos y el cuerpo humano comienza a temblar.

El sistema de control térmico que tiene el cuerpo humano es complejo y aun no es comprendido totalmente. Lo que sí es conocido son los sensores utilizados por el cuerpo humano, los receptores de frío y calor encontrados en el hipotálamo y la piel.

Existen dos teorías diferentes basados en la definición de confort térmico en el ser humano: la teoría del balance térmico y la teoría del confort térmico adaptativo.

La teoría del balance térmico creada por Fanger en 1973 utiliza la fisiología y la termorregulación para determinar un rango de temperaturas de confort en las cuales los ocupantes del edificio se sienten en confort²³.

La teoría del confort térmico adaptativo es el resultante de estudios de campo cuyo propósito era el de analizar la real aceptabilidad de ambientes térmicos, lo que depende estrechamente del contexto, el comportamiento de los ocupantes y sus expectativas.

Se crean sus propias preferencias térmicas a través del modo en el que ellos interactúan con el ambiente, modifican su comportamiento o gradualmente adaptan sus expectativas en función del ambiente térmico en el que se encuentran.

El control térmico es una palabra comúnmente usada en medicina para referirse a las condiciones de temperatura que debe de tener el cuerpo humano, también es llamado homeostasis. Es el proceso de termorregulación que enfrenta cada ser humano.

22. Guyton, A. (2016). Fisiología médica. Barcelona: Elsevier.

23. Fanger, P. (1973) Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company, New York

En este tema es retomado para referirse de la misma forma para el espacio interior que se pretende mantener un rango de temperatura confortable y estabilizada sin la necesidad de un sistema de aire acondicionado con ventilación cerrada.

Control térmico también tiene que ver con el concepto de adaptación:

En biología la palabra adaptación se define como el proceso por medio del cual un organismo se amolda a su medio ambiente, en términos aproximados, la experiencia guía los cambios en la estructura del organismo de manera que, con el paso del tiempo, este hace mejor uso del medio ambiente para alcanzar sus propios fines²⁴.

De la misma manera la arquitectura debería amoldarse a su medio ambiente, y no permanecer estática en sus condiciones, o dotar de medio ambiente artificial a un espacio.

24. Holland, J. (1995). Hidden Order. How adaptation build complexity. Estados Unidos. Pag. 9

Control térmico del sistema terrestre.

La tierra es un sistema complejo donde los elementos funcionan en equilibrio para mantener las condiciones necesarias para la vida, cuando se alteran los recursos o se extingue algún elemento que sea necesario se genera unos cambios peligrosos en la continuidad del sistema hasta lograr su adaptación²⁵.

El origen de todos los fenómenos meteorológicos característicos de la atmosfera de nuestro planeta está vinculado con el calor del sol. La forma de la tierra determina que los rayos solares toquen con diferente grado de inclinación a la superficie terrestre.

Al caer los rayos solares con más intensidad en unos lugares que en otros, la distribución de la luz y el calor no es uniforme. Lo cual influye para que en nuestro planeta se presenten zonas con distintos niveles de luminosidad y

25. Pelayo, C y Escalante, M. (2001). Geografía, segunda edición. Mexico : Santillana.

de temperatura.

Las aguas tienen la propiedad de absorber más lentamente el calor y retenerlo por más tiempo, desempeñan un papel primordial en la regulación de la temperatura global. Efecto térmico de mantener el equilibrio térmico.

Los rayos solares evaporan diariamente toneladas de agua del océano, que luego se condensan en nubes y más tarde, se precipitan sobre la superficie terrestre en forma de lluvia o nieve. Estas precipitaciones forman cuerpos de agua dulce que son necesarios para el consumo humano.

La atmosfera atenúa las diferencias térmicas. Sin atmosfera, la temperatura de la superficie alcanzaría más de 80°C de temperatura durante el día y por la noche descendería a menos de 140°C bajo cero.

Filtra las radiaciones solares impidiendo el paso de los rayos perjudiciales para los seres vivos. Transporta la humedad de los océanos

a los continentes, y en sus capas bajas se dan los fenómenos meteorológicos.

La atmosfera baja permanece hasta unos 15 kilómetros de altura, probable límite de la troposfera (la capa más baja de la atmosfera que está en contacto con la superficie terrestre). Después de eso se empieza a enrarecer a los 25 km de altura y a partir de los 40km aumenta la presencia de ozono, el gas que es imprescindible para la tierra por absorber los rayos ultravioletas.

La atmosfera es una mezcla de gases que no reaccionan entre sí: nitrógeno en un 78%, oxígeno 21% el uno por ciento restantes está constituido por hidrogeno, gases raros, bióxido de carbono y vapor de agua. el dióxido de carbono tiene su origen de las emisiones y su porcentaje es variable: aumenta durante las noches por el proceso de fotosíntesis de las plantas y además es más concentrado en grandes densidades poblacionales que los espacios rurales.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE
ACONDICIONAMIENTO DE
ESPACIOS



Capítulo 2 Sistemas de acondicionamiento de espacios

2.1 Sistemas de activos, pasivos y mixtos

En arquitectura es común escuchar el término “bioclimático” y es utilizado en el proceso de diseño para nombrar una serie de estrategias encargadas de aprovechar los elementos naturales, proporcionados por la región donde se construye, para compensar las necesidades de un edificio.

Algunos de estos métodos tienen el objetivo de mantener los estándares requeridos de temperatura, humedad, higiene etc. (a grandes rasgos controlar el confort). Dichas estrategias llegan a formar un sistema al cual se le conoce como sistemas de acondicionamiento²⁶.

Los sistemas de acondicionamiento o también llamados sistemas de

26. Bioconstrucción y Energía Alternativa. (2017). Sistemas activos y pasivos, la combinación más eficiente en la proyección de espacios. Rescatado en abril 2018, de Revista Mundo HVAC&R Sitio web: <https://www.mundohvacr.com.mx/2015/11/sistemas-activos-y-pasivos-la-combinacion-mas-eficiente-en-la-proyeccion-de-espacios/>

climatización, podríamos definirlo como aquel sistema que busca la manera de establecer condiciones relacionadas con el clima en un espacio, como la temperatura, humedad, velocidades de viento, entre otros parámetros según el objetivo deseado.

Estos pueden ser pasivos o activos según el origen de las estrategias utilizadas o la combinación de ambos en un sistema de acondicionamiento mixto.

Un sistema de acondicionamiento activo (SAA) es aquel que necesita de algún tipo de energía eléctrica o mecánica para poder realizar su función, como lo son los sistemas de climatización de aire acondicionado (Gráfico 11).

El sistema de acondicionamiento activo, es el más convencional para acondicionar espacios actualmente.



Gráfico 11: Sistemas de acondicionamiento activo, son aquellos que requieren de energía eléctrica para poder realizar su tarea. Fuente: Elaboración propia



Gráfico 12: Sistemas de acondicionamiento pasivo, son aquellos que la energía requerida es suministrada por los recursos brindados por el medio ambiente. Fuente: Elaboración propia.

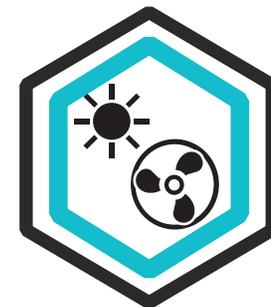


Gráfico 13: Sistemas de acondicionamiento mixto, se trata de aquellos que combinan las estrategias pasivas y activas para optimizar el uso de la energía y tener mayor eficiencia en sus tareas. Fuente: Elaboración propia.

Lamentablemente tienen un alto gasto energético impactando no sólo a la economía sino a una cadena de problemas tanto ambientales e inclusive psicológicos generados por su alta dependencia.

Antes de que estos SAA existieran ya se contaba con una serie de estrategias naturales para climatizar los espacios, los cuales son llamados sistemas de acondicionamiento pasivo. El acondicionamiento pasivo es una opción para reducir el gasto energético que generan los aires acondicionados.

Un sistema de acondicionamiento pasivo (SAP) es aquel que no requiere de un medio mecánico con consumo de energía eléctrica para realizar sus objetivos (Gráfico 12), simplemente se mantiene por los recursos naturales en el sistema²⁷.

27. Bioconstrucción y Energía Alternativa. (2017). Sistemas activos y pasivos, la combinación más eficiente en la proyección de espacios. Abril 2018, de Revista Mundo HVAC&R Sitio web: <https://www.mundohvacr.com.mx/2015/11/sistemas-activos-y-pasivos-la-combinacion-mas-eficiente-en-la-proyeccion-de-espacios/>

Existen varios ejemplos de SAP, que van desde estrategias sencillas hasta aquellos más sofisticados como la unión de varios sistemas para un objetivo en común (Gráfico 13).

La ventilación es una estrategia muy básica de acondicionamiento, es el proceso de suministrar y renovar el aire en un espacio. Este puede ser inducido por formas diferentes²⁸:

- Ventilación natural.
- Ventilación forzada.

La ventilación natural es el intercambio de aire inducido de manera intencional por medio de vanos en los espacios con el fin de aprovechar el aire del exterior. La ventilación puede ser causada por fenómenos físicos de dos maneras:

- Por diferencia de presiones debidas al viento.
- Por diferencia de temperaturas.

28. Fuentes, V. & Rodríguez, M. (2004). *Ventilación natural. Cálculos básicos para arquitectura*. Ciudad de México: Editorial nopase.

La ventilación forzada es la generada por algún sistema activo de climatización, como un ventilador, que aumente las velocidades para lograr el propósito de intercambio de aire.

En resumen, la diferencia entre un sistema activo y pasivo de acondicionamiento es la obtención de la energía requerida para realizar la acción, ya sea por medio de energía eléctrica en el caso de los activos, o aquella generada por recursos naturales incluidos en el mismo sistema. Al tener identificado este concepto podemos puntualizar en las estrategias las cuales serán la base para la investigación, el enfriamiento evaporativo y la ventilación natural.

El diseño pasivo responde a la problemática del clima local y las condicionantes del sitio para maximizar el confort y la salud de los usuarios en las edificaciones. El objetivo al diseñar edificaciones pasivas es tomar ventaja del clima local. El enfriamiento pasivo se refiere a todas las tecnologías o estrategias para reducir la temperatura de los edificios fuera de la necesidad de consumir energía²⁹.

Utiliza recursos renovables para abastecerse de energía como el sol y el viento para proveer de las necesidades de refrigeración, ventilación e iluminación natural. Descartando la posibilidad de utilizar algún otro sistema que utilice electricidad. Además, reduce al reducir los niveles de consumo energético se logra disminuir el impacto al medio ambiente. Existen distintos tipos de estrategias de enfriamiento pasivo recomendadas para climas áridos (Gráfico 14).

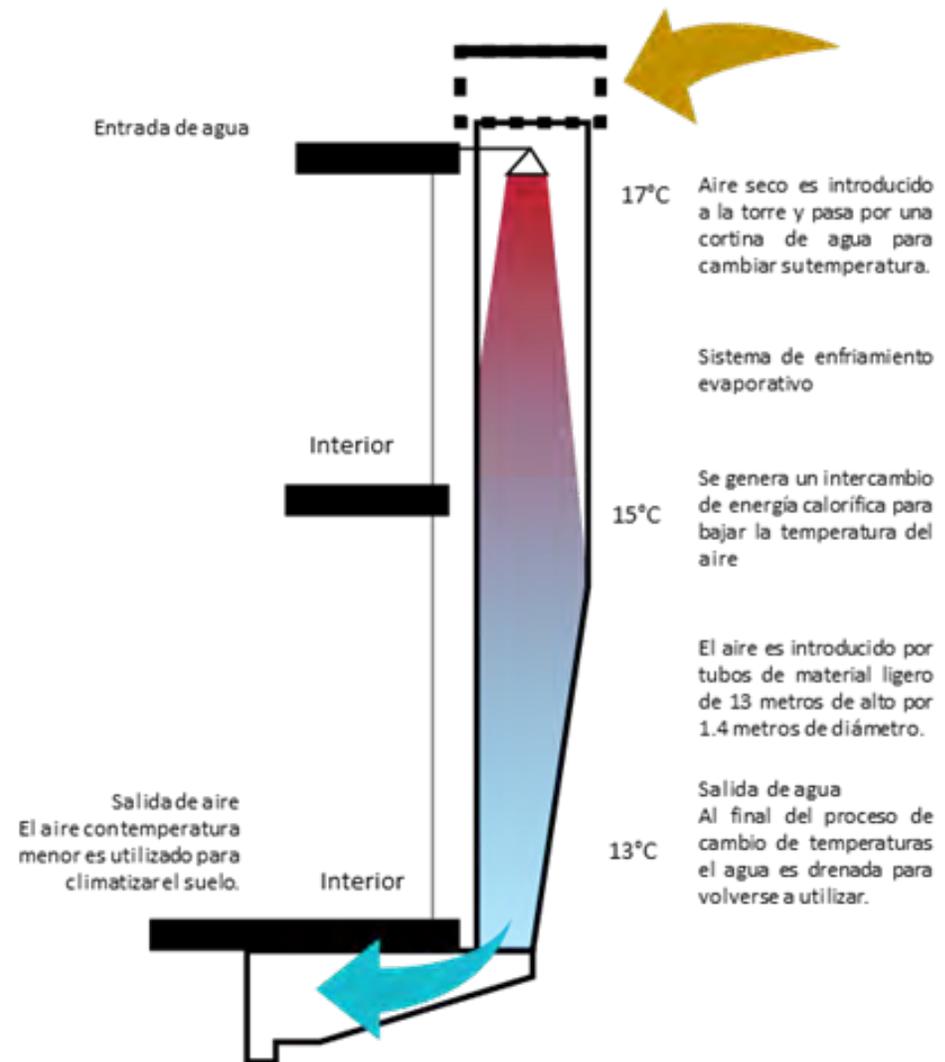


Gráfico 14: Shower Tower sistema de enfriamiento pasivo
Fuente: Elaboración propia

29. Olgay V. (1962). *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton: University Press.

2.2 Torres de viento

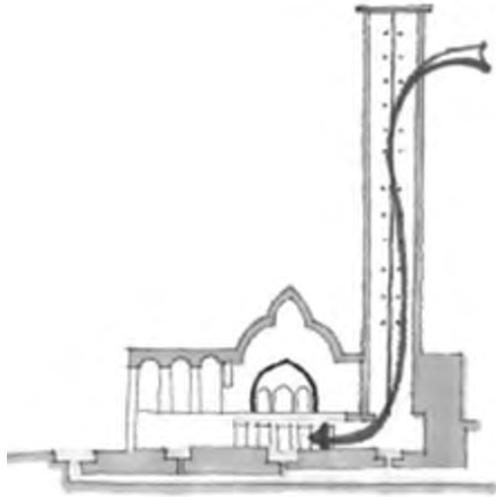


Gráfico 15: Funcionamiento de torre en clima cálido seco. Fuente: *Wind Catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular Architecture*

Las torres de viento, o captadores de aire son una estrategia vernácula muy común en la arquitectura antigua del medio oriente. Consisten en introducir aire fresco al interior del edificio por medio de unas torres situadas a alturas estratégicas, esto dependiendo del efecto que queremos lograr (Gráficos 15 y 16).

Las torres de viento son un elemento de la arquitectura tradicional de Irán. Muestra una compatibilidad de diseño arquitectónico con el entorno natural, puede mantener la energía y funciones sobre las bases de los principios sustentables.

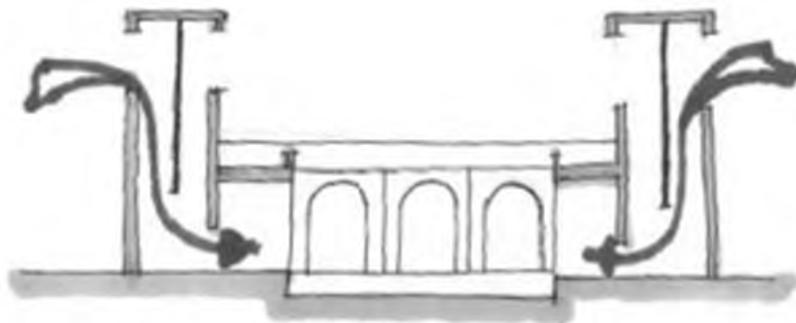


Gráfico 16: Funcionamiento de torre en clima cálido húmedo. Fuente: *Wind Catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular Architecture*

Existen varios tipos de torres, su diseño está condicionado al efecto a lograr y pueden ser clasificadas debido a la forma del captador, el número de entradas y por último por su forma en planta.

Ahmadkhani Maleki realiza una comparación para dos tipos de clima característicos del país de Irán. Donde se encontraron resultados de acuerdo con la forma, orientación (Gráfico 17 y 18), altura y materiales dependiendo de las circunstancias dadas por el clima³⁰.

La región Bandar Lengeh es una ciudad situada en la costa del golfo pérsico, por su localización geográfica presenta características de clima cálido húmedo. Las temperaturas máximas se aproximan a los 49°C y mínimas de 6°C teniendo como humedad relativa de 62%.

30. Ahmadkhani M. (2011). Wind Catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular Architecture. International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering", 3, 130-137.

La región de Yazd, que se encuentra situada en el centro del país, la temperatura máxima se encuentra alrededor de 45°C y temperatura mínima de -16°C, contando con una humedad relativa de 32% siendo las características de un clima cálido seco.

Para zonas áridas, el aire tiene muy poca humedad relativa, se vuelve seco y presenta temperaturas extremas, por lo que una manera de disminuir su calor es por medio del enfriamiento evaporativo.

Las características de los captadores para estas zonas (Gráfico 15) es incrementar la altura de su torre, por lo que mientras el espacio es recorrido, irá tomando humedad de distintos cuerpos. Algunos utilizan alguna piedra porosa o carbón húmedo por lo que al pasar con una temperatura mayor se realiza un intercambio de energía.

Por el contrario, para las regiones húmedas (Gráfico 16) el único requisito es aumentar su velocidad, las partículas

de agua al ser más pesadas quedarán despreciadas de la ventilación.

Los materiales son también distintos para cada objetivo. Para las regiones secas se utilizan materiales como adobe o ladrillo cocido recubierto con pasta de adobe y paja. Para el cálido húmedo es necesario recubrirlas con algún material que impida el paso de humedad a la estructura.

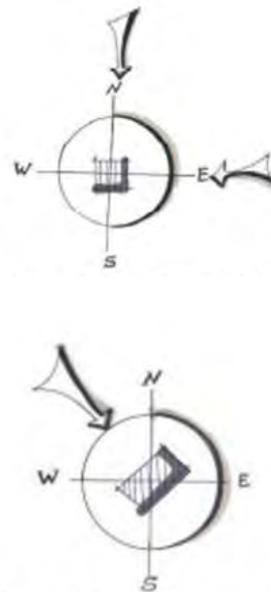


Gráfico 17 y 18: Orientación de las torres, arriba Bandar Lengeh (cálido húmedo), abajo Yazd (cálido seco) Fuente: Wind Catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular Architecture

2.3 Enfriamiento Evaporativo

Un sistema de enfriamiento evaporativo (EE) es una estrategia basada en el principio físico de la evaporación del agua para reducir la temperatura del aire, consiste en hacer pasar aire caliente por un cuerpo de agua o humedad y así bajar su temperatura alterando su humedad relativa.

El funcionamiento se establece con pasar el aire seco a través de un conducto que lo lleva a estar en contacto con el agua, posteriormente con el constante movimiento el agua empieza a evaporarse, como existe una transferencia en el flujo de calor, la temperatura del aire empieza a descender a manera que aumenta el vapor de agua.

Esta estrategia se ha utilizado a lo largo de la historia en climas áridos donde las características del aire son temperaturas elevadas y con poca humedad relativa. Algunos ejemplos,



Imagen 2 Talliesin West Frank Lloyd Wright cuerpo de agua como sistema de enfriamiento pasivo
Fuente: Archivo propio

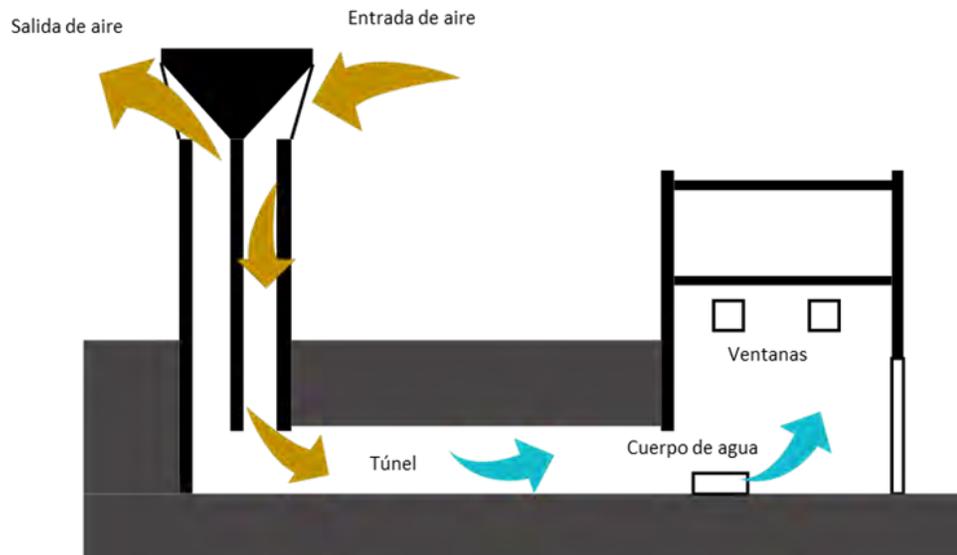


Gráfico 19 Torres de viento utilizadas en regiones árabes Fuente: Elaboración propia

son los cuerpos de agua (Imagen 2) utilizados en jardines persas, celosías de adobe con paja húmeda o incluso edificios diseñados con torres de viento donde el aire se climatizaba al pasar por una fuente.

El EE puede ser utilizado en los sistemas pasivos como las torres de viento con sólo añadirles un cuerpo de agua o humedad (Gráfico 19). Además, es una estrategia utilizada en sistemas activos de climatización como chillers o aerocoolers.

Los sistemas de EE activos tienen la ventaja de ser de bajo costo y consumen menor energía que un aire acondicionado ya que sólo es necesario un motor que pueda proveer de movimiento al aire. Además de tener el beneficio de uno usar gases refrigerantes dañinos para el medio ambiente.

Existen dos maneras de utilizar el EE en los sistemas activos de climatización. La directa, un ventilador que fuerza el aire al pasar por un filtro húmedo; o indirecta que contiene un intercambiador de calor adicional para evitar que la humedad ingrese a la corriente de aire.

Algunos especialistas hablan de la correcta manera de diseñar un sistema basado en el EE, José Antonio Frejo³¹ menciona que hay que considerar algunos aspectos físicos para diseñar un sistema de este tipo: Psicometría, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad absoluta y relativa y entalpía.

En general para comprender el enfriamiento evaporativo y poder manipularlo a beneficio es necesario conocer la transferencia de energía y para entrar a este tema comenzaremos explicando este fenómeno en relación con el ser humano.

31. Frejo J. (2012). Fundamentos del enfriamiento evaporativo para instalaciones. España. Magaer Munter. Pag. 9 y 10

2.4 Envoltente Cinética, Tesis de maestría en Arquitectura. Arq. Gustavo Moya González

Este trabajo de investigación de maestría en arquitectura es un claro ejemplo de la interacción entre el interior con el medio ambiente que rodea al espacio arquitectónico. El resultado fue crear una envoltente cinética, es decir en movimiento y que reaccione a las condiciones limitantes del exterior en beneficio del interior.

El problema de investigación se centra en la energía. Como este concepto a través de los años ha sido motivo de transformaciones sociales, políticas, económicas y medioambientales. Además de que su uso irracional tiene efectos sobre el medio ambiente y los procesos de la naturaleza involucrados el desarrollo tecnológico³².

Por lo que la tesis planea el

32. Moya G. (2017). Envoltente Cinética, Tesis de Maestría en Arquitectura. Ciudad de México: UNAM.

desarrollo de una envoltente cinética, para vincular la arquitectura con el contexto en un enfoque sistémico, llegando al aprovechamiento de los recursos brindados por el medio y los alcances tecnológicos recientes.

El objetivo es crear un prototipo de envoltente cinética que regulará la radiación solar, iluminación y ventilación natural³³.

En el proyecto se experimenta con distintas variables del medio, tales como la radiación solar, iluminación y ventilación natural. Se realiza una selección de materiales a partir de una investigación: el aerogel y los materiales con memoria de forma.

El prototipo consiste en un panel con quince franjas que giran independientemente sobre un eje vertical a 360°. A su vez estas franjas están ensambladas sobre un marco con la capacidad también de girar sobre su eje vertical 360° (Gráfico 20).

33. Moya G. (2017). Envoltente Cinética, Tesis de Maestría en Arquitectura. Ciudad de México: UNAM.



Gráfico 20 Prototipo de envoltente cinética Fuente: Moya G. (2017). *Envoltente Cinética, Tesis de Maestría en Arquitectura*. Ciudad de México: UNAM.

Cada una de estas partes tienen propósitos diferentes, para las quince franjas es entablar la regulación del coeficiente de sombreado, el coeficiente de ganancia de calor solar y transmitancia visible. En cambio, para el marco secundario es crear una regulación de flujos de ventilación natural y la posibilidad de generar zonas de baja presión.

Los resultados obtenidos por parte de la experimentación virtual realizada por el autor arrojaron resultados positivos. Gracias a las múltiples configuraciones del sistema, además de la posibilidad de establecer diferentes proporciones el autor advierte que depende de los ángulos de inclinación y las condiciones del entorno.

Reitera la posibilidad de redireccionar la iluminación natural para una mejor iluminación en los espacios. Además, el análisis de flujo de aire se logra un efecto de baja presión para extraer el aire caliente del edificio

y destaca la importancia de generar cambios relativamente instantáneos aprovechando las condiciones de disponibilidad, dirección e intensidad de flujos.

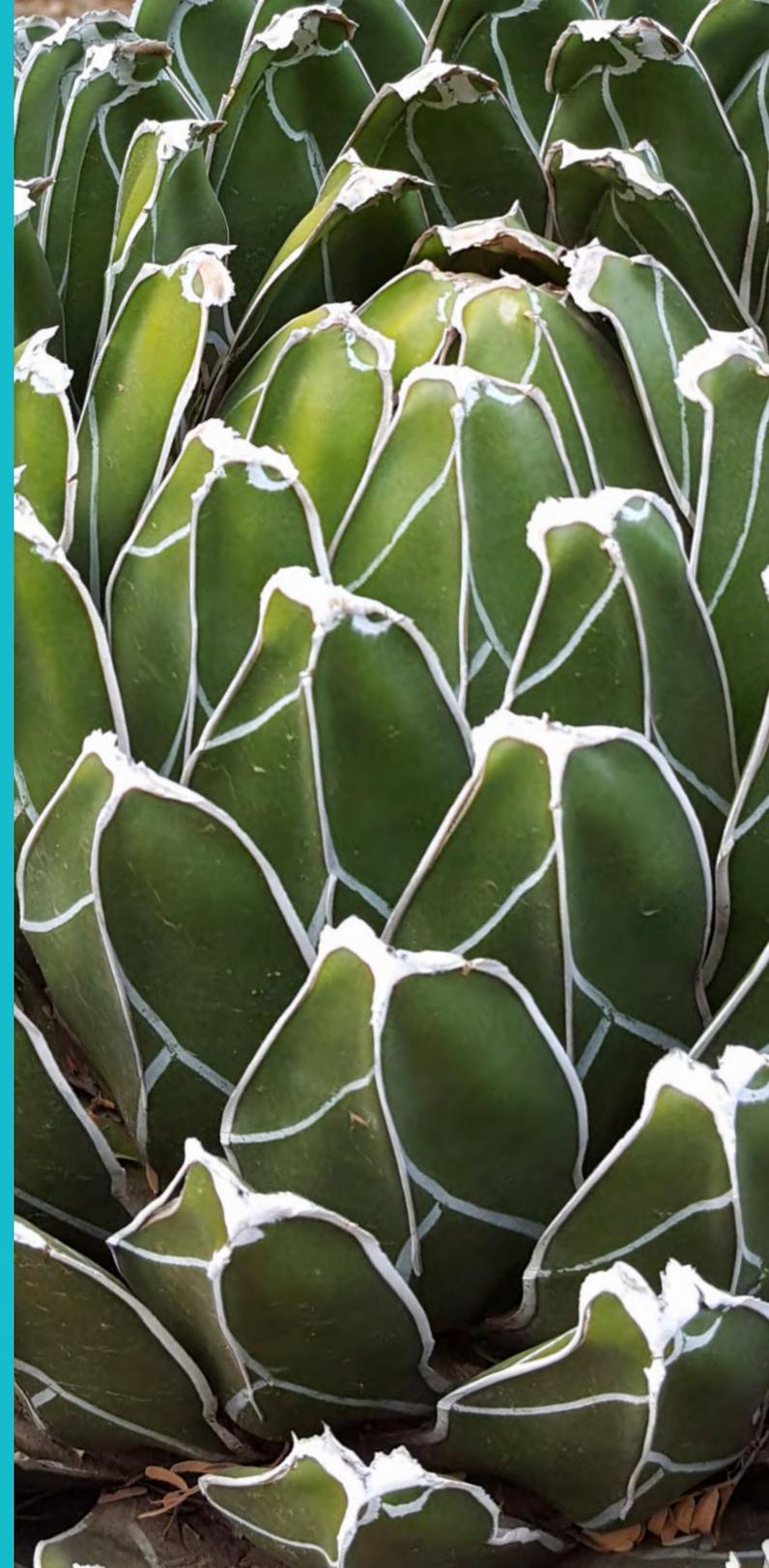
Como comentarios se expresa la importancia entre la selección de los materiales y la correcta vinculación de este en la fabricación y modelado digital, además de sugerir la retroalimentación del proyecto para su perfeccionamiento.

Como conclusión la tesis es un ejemplo importante de los vínculos que hay que establecer entre los diferentes avances tecnológicos y la arquitectura. Crea una línea de posibilidad entre el mundo digital experimental aprovechándolo en el diseño arquitectónico.

CAPÍTULO

3

Evolución de los sistemas de
acondicionamiento



Capítulo 3 Evolución de los sistemas de acondicionamiento

3.1 Descripción del medio

3.1.1 Desierto y zonas áridas

Las zonas climáticas en función de otros factores ambientales como tipo de suelo y disponibilidad de agua crean una interacción dentro de un sistema de vida, donde intervienen especies vegetales y animales incluidos los seres humanos, a estas interacciones se les llama regiones naturales.

La palabra desierto proviene del latín Desertus que significa lugar que ha sido abandonado³⁴, este concepto es comúnmente utilizado como adjetivo para describir un lugar despoblado, solo o inhabitado más que para hablar de una condición natural de la biosfera.

34. Definición de Desierto. Real academia española. Rescatado noviembre 2017



Imagen 3 Formaciones de dunas de yeso, Coahuila Fuente: Archivo propio

Los desiertos son resultado de la circulación general de la atmósfera, del tipo de roca y de la cercanía de sistemas montañosos que actúan como barrera e impiden el paso de los vientos húmedos.

Los desiertos cubren una quinta parte de la superficie terrestre siendo las regiones más extensas de la tierra y la principal característica es la escasez en las precipitaciones con menos de 250mm al año. Las condiciones para la vida en este tipo de regiones son difíciles, pero tiene la ventaja que la flora y la fauna se adapte a la poca humedad (Imagen 3).

La zona se caracteriza por una baja precipitación, varía según la región, desde altamente estacional hasta impredecible. La evapotranspiración siempre es alta. La escasez de lluvia puede deberse a tres factores: la alta presión subtropical, la posición en las sombras de lluvia o la gran altitud. Las temperaturas son generalmente

altas desde que sale el sol, pero las noches pueden ser frías teniendo un rango elevado de diferencias de temperaturas.

Los desiertos se forman en donde las masas de aire han perdido la mayor parte de su vapor de agua luego de viajar sobre tierra por largas distancias o donde una masa terrestre caliente se encuentra próxima a un océano frío, evaporándose rápidamente la humedad sobre la tierra. La erosión es uno de los factores que influyen en la formación del paisaje, según las condiciones de viento y radiación solar los desiertos presentan diferentes tipos de suelo.

Los desiertos son clasificados mayoritariamente en cuatro tipos: Desierto caliente y seco, semiárido, costero y desiertos fríos. También pueden ser clasificados de acuerdo con la latitud en la que se encuentran geográficamente ubicados y partiendo de las condiciones climáticas (ver tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de los desiertos Fuente: Staines, E. (1999). *Arquitectura del desierto*. Ciudad de México, México: UNAM.

Tipo de desierto por latitudes	Origen de su formación
De latitudes cálidas	Estos desiertos son formados por su ubicación en zonas tropicales entre los 15° y 30° al norte y sur del ecuador.
Subtropicales	Son latitudes de altas presiones anticiclónicas estables y continuas, el aire se comprime y se calienta al descender y al contrario de generar lluvias, la humedad se pierde en la evaporación.
De zona templada.	La lejanía con el mar acentúa la sequedad, las altas presiones continentales, originadas por los fríos invernales alejan los aires oceánicos. Durante el verano el calor provoca una fuerte evaporación desaprovechando las pocas lluvias. Son formados por la degradación de climas mediterráneos.
Costeros	Son afectados por las corrientes oceánicas frías generando un tipo de desierto muy inestable en comparación con los otros. Las neblinas invernales producidas por corrientes frías que suben frecuentemente envuelven los desiertos costeros y bloquean la radiación solar (Imagen 4).
Continental	Se forman como resultado de la degradación del clima continental hacia una aridez. La amplitud anual de temperaturas supera a los 30 grados centígrados, entre el mes más frío y más cálido
Desiertos de degradación mediterránea	Se forma en las zonas mediterráneas alejadas de la franja costera o aisladas de los vientos húmedos. En invierno y primavera reciben pocas lluvias.
Desiertos polares	En las latitudes extremas norte y sur se dan condiciones de frío perpetuo y escasez de precipitaciones que son en forma de nieve.
Desierto polar continental.	Al igual que los desiertos polares condiciones de frío perpetuo y las precipitaciones son en forma de nieve, pero su diferencia es que los veranos son relativamente cálidos (Imagen 5).
Desierto polar glacial	Las temperaturas son bajo cero. Es un tipo de desierto absoluto carente de vida.
Desiertos de vientos alisos	Los vientos son calentados mientras se dirigen al ecuador. Estos vientos secos disipan las cubiertas de las nubes, permitiendo más radiación solar.
Desiertos de lluvia en sombra orográfica	Se forman debido a las altas cadenas montañosas que impiden que la humedad alcance las áreas en sotavento. Cuando el aire es elevado sobre la montaña pierde su humedad
Desierto monzónico.	Estos desiertos se refieren al sistema de viento Monzón en respuesta a las variaciones de temperatura entre los continentes y los océanos.

3.1.2 Desierto de Sonora

El desierto de Sonora (Imagen 6) se encuentra ubicado en América del Norte, dividido entre México en los estados de Baja California, Sonora y Sinaloa; y Estados Unidos en los estados de Arizona y California.

Entra en la clasificación de zona árida, las precipitaciones alcanzan niveles máximos de 250mm al año y las lluvias son principalmente en verano e invierno³⁵ provocando una sequía extrema en los meses intermedios, las temperaturas son extremas teniendo una temperatura media diaria de 38°C y llegando a una temperatura máxima de 49°C.



Imagen 4 Isla del Tiburón, Desierto Costero Fuente: Archivo propio



Imagen 5 Cerro del Quemado, San Luis Potosí, Desierto continental Fuente: Archivo propio

35. Datos obtenidos del programa Climate Consultain, para el estado de Sonora.

Por el contrario, los inviernos son relativamente tranquilos con temperaturas mínimas de 8°C pero en áreas más elevadas las temperaturas disminuyen hasta los -18°C³⁶. Estas condiciones climatológicas permiten que una gran cantidad de plantas y animales sobrevivan más que en otros desiertos.

Existen diferentes tipos de regiones dentro del desierto de Sonora que albergan diferentes comunidades de flora y fauna creadas gracias a las condiciones de variación de la forma del terreno, el tipo de suelo y humedad: la región desértica, el bosque de mezquites, el oasis, los pastizales semidesérticos y el chaparral.

La formación del desierto de Sonora fue debido a la condición geográfica protegido por la Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental formando

36. CONAGUA, (2017). Temperaturas máximas y mínimas promedio a nivel nacional por entidad federativa. rescatado el 13 de mayo del 2018, de Comisión nacional del agua Sitio web: <http://smn.cna.gob.mx/>



Imagen 6 Desierto de Sonora Fuente: Archivo propio

una barrera que bloquea el paso de los vientos húmedos provocando ausencia de lluvias.

3.2 Asentamientos humanos

3.2.1 Adaptación de los grupos humanos al caso de estudio

Para lograr el objetivo de esta investigación es necesario hacer un análisis de los orígenes de las civilizaciones humanas asentadas en zonas áridas del noroeste del país.

Además de comprender las situaciones de adaptación y modificación de su habitabilidad y hacer uso de las estrategias o incluso conceptos que podamos utilizar a nuestro favor para la propuesta.

Los orígenes de las civilizaciones del noroeste del país es resultado de procesos migratorios que modificaron la habitabilidad de las sociedades en épocas determinadas dando sentido a la diversidad étnica y cultural.

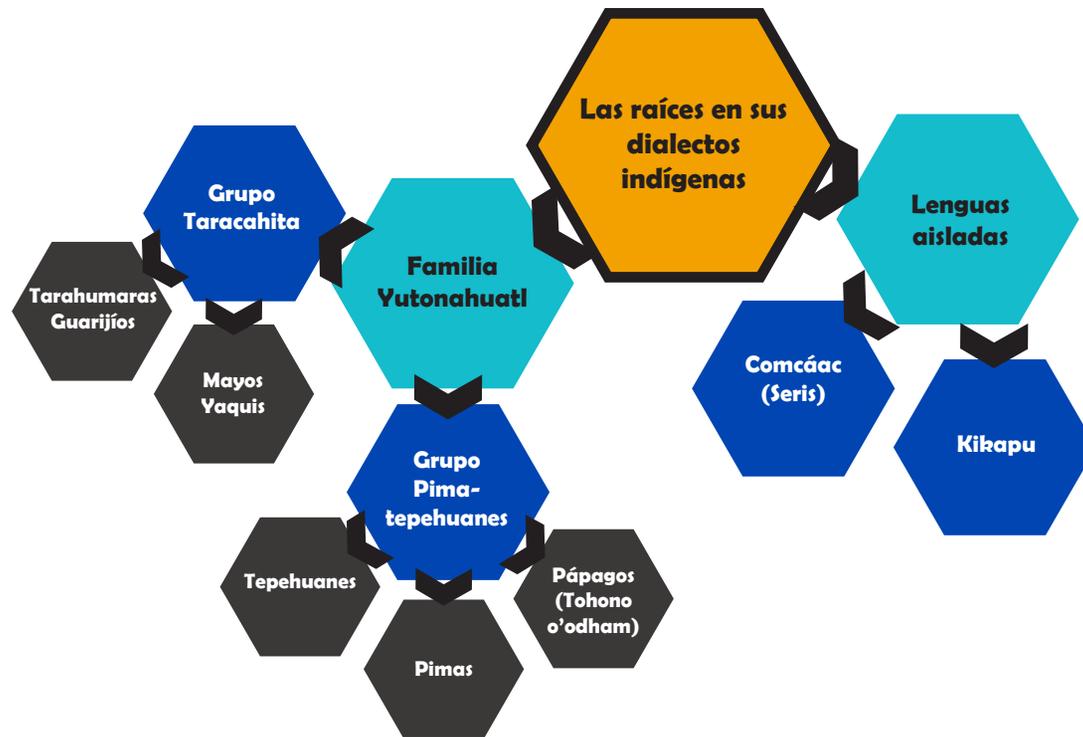


Gráfico 21 Raíces de las lenguas indígenas del noroeste Fuente: Elaboración propia

Gastón Cano Ávila (2007) describe al estado de Sonora con un plano inclinado que baja desde la Sierra Madre Occidental creando una situación geográfica estratégica para la diversidad de microclimas y ecosistemas además de lo extremo de las temperaturas gracias a la latitud.

Es complejo hablar de la adaptación

de los grupos humanos a las zonas áridas, pero varios autores afirman que podemos deducirlo a partir de las raíces en sus dialectos indígenas. Esta afirmación es basada en que a pesar de las diferentes lenguas conservan testigos de raíces en algunas palabras usadas (Gráfico 14).

Basándonos en la publicación

Investigaciones etnolingüísticas entre hablantes náhuatl y otras lenguas³⁷, existen tres raíces principales en los grupos indígenas del actual estado de Sonora: las lenguas aisladas como los Comcaác y los Kikapu, y los pertenecientes a la familia yutonahuatl como los del grupo taracahita y grupo pimatepehuanes.

Según los historiadores Carpenter y Sanchez³⁸ quienes describen los posibles sucesos que llevaron a las modificaciones importantes de las sociedades sonorenses.

Los primeros grupos humanos se asocian con los peleoindios, concepto relacionado con los habitantes de hace unos 13 000 y 9 000 años. Eran grupos cazadores de fauna actualmente extinta. Las condiciones ambientales

37. Leon, M. (1982). Investigaciones etnolingüísticas entre hablantes de náhuatl y de otras lenguas yuto-aztecas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Pag. 11-15

38. Carpenter, J. y Sánchez, G. (2013). Los cambios ambientales del holoceno medio/ holoceno tardío en el desierto de Sonora ay sus implicaciones en la diversificación del yuto-azteca y la difusión del maíz. *Dialogo Andino*, 41, 199-210.

de esa época influyeron en los recursos presentes y en la variedad de adaptaciones a los cambios (Gráfico 15).

En el Altitermal (8500-5000 a.C.) periodo caracterizado por las altas temperaturas y una reducción en las precipitaciones, provocó el abandono de las zonas desérticas migrando hacia zonas altas con incursiones ocasionales a las zonas bajas durante los periodos de mayor humedad.

Alrededor del año 4000 a. C. ocurre la primera bifurcación de los grupos del complejo yutonahua dando lugar a las

ramas sureña y norteña, continuando hacia el año 3500 y 1500 a.C. las diversificaciones durante el holoceno tardío, cuando las temperaturas fueron más favorables. Se dice que durante este periodo ocurrieron grandes movimientos poblacionales entre estas civilizaciones yutonahua donde se puede atribuir la introducción del maíz a la zona noroeste del país.

Los ambientes fluviales de baja intensidad en el desierto parecen haber sido ocupados hacia el 1500 a.C. por agricultores en las que su vivienda se situaba en fosas y que desarrollan

técnicas de intensificación agrícola mediante canales de irrigación lo que dio lugar al que se ha definido como complejo de agricultura sonoreense³⁹.

Con la incorporación del maíz el único alimento en la región que permitió un patrón de subsistencia mixta en la agricultura y manipulación de recursos silvestres de una manera importante. Surgen los periodos conocidos como de agricultura temprana, se divide en una fase San Pedro (1500/1200-800

39. Carpenter, J. y Sánchez, G. (2013). Los cambios ambientales del holoceno medio/ holoceno tardío en el desierto de Sonora y sus implicaciones en la diversificación del yuto-azteca y la difusión del maíz. Dialogo Andino, 41, 199-210.



Gráfico 22 Línea del tiempo de los posibles sucesos que marcaron los cambios en las sociedades del noroeste Fuente: Elaboración propia

a.C.) y una fase Ciénega (800-200 a.C.).

Gracias a estos procesos es posible dividir dichos pueblos indígenas en tres complejas sociedades (Gráfico 16) con base de las particularidades de su territorio, formas de vida, pensamiento y procesos históricos⁴⁰.

- Las sociedades del desierto y la franja costera, como los óodham (Sonora y Arizona) y los comcáac (Sonora), de origen cazador, recolector y pesquero.

- Las sociedades de la sierra que, además de la caza y la recolección, desarrollaron la agricultura y actualmente las integran los óoba y los macurawe (Sonora y Chihuahua), además de los kikapoo (Sonora, Coahuila y Oklahoma).

- Las sociedades de los valles agrícolas, entre los que destacan los yoeme (Sonora y Arizona) y los yoeme (Sonora y Sinaloa).

40. Moctezuma, J. (2013). Los pueblos indígenas del noroeste. Atlas etnográfico. México. Conaculta. Pag. 15

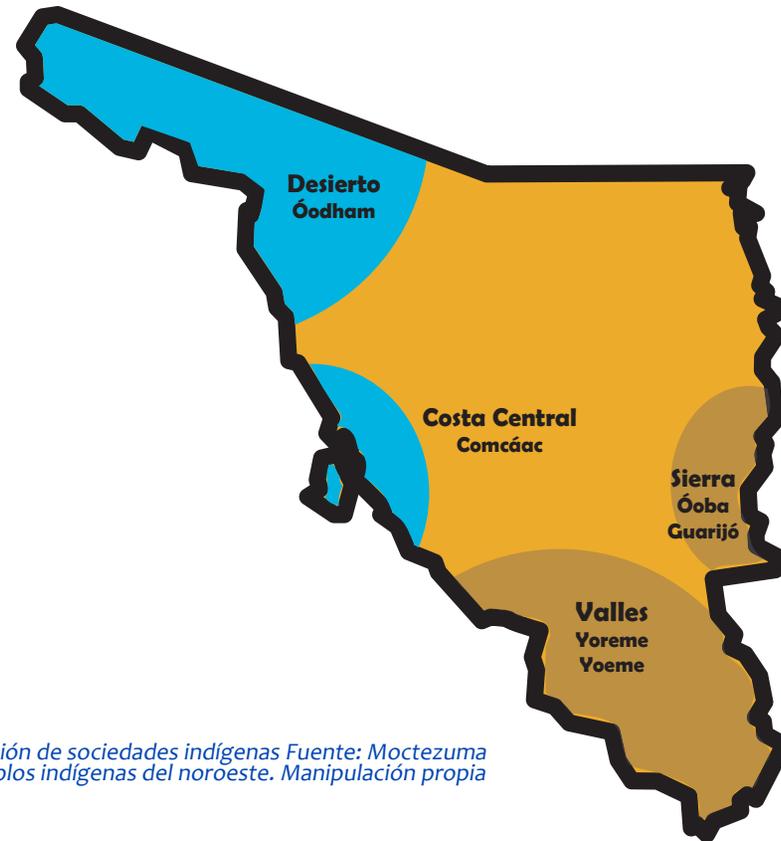


Gráfico 23 Formación de sociedades indígenas Fuente: Moctezuma Zamarron. Los pueblos indígenas del noroeste. Manipulación propia

Las sociedades del desierto los comcáac y los óodham, han compartido territorios similares dentro de la misma región natural, pero cada una de las sociedades se ha adaptado de manera distinta. Apesar de estas circunstancias, los esfuerzos de colonización y la influencia religiosa fue relativamente

menor que en el caso de muchas otras sociedades del centro y del sur del país y de la región.



Gráfico 24 Tradiciones Arqueológicas de Sonora Fuente: Moctezuma Zamarron. Los pueblos indígenas del noroeste. Manipulación propia

Tradiciones Arqueológicas del desierto de Sonora

A partir de la incorporación de la cerámica, las comunidades se agruparon en cinco tradiciones arqueológicas (Gráfico 17): Trincheras, Huatabampo, Rio Sonora o Serrana,

Casas Grandes y Costa central. Las primeras cuatro parecen haber tenido elementos arquitectónicos construidos bajo la superficie (casas en foso) y similares herramientas de piedra pulida y laqueada.

El territorio ha sido determinado por

la región desértica, que resulta difícil de subsistir la vida humana, y en los cuales predomina la existencia de flora y fauna adaptable. El desierto se muestra como un ser vivo por aquellos grupos étnicos que lo entienden y conserva una lógica comprensible, la cual han logrado entender sus habitantes tras largos periodos de observación, vivencia y memoria.

A pesar de las temperaturas extremas, recursos limitados y distintos factores geográficos que hacen difícil la subsistencia de vida, las tradiciones de Trincheras y Costa central lograron crear sistemas de supervivencia adaptable a la región natural, por lo que es tomado como estudio de caso.

Tradición de la costa central.

Esta tradición incluye a los únicos grupos no agricultores que permanecieron con su forma de vida nómada. Los ancestros de los seris nunca practicaron la agricultura y permanecieron con un ritmo de

vida situándose en campamentos temporales en lugares donde existieran los recursos naturales de acuerdo con la temporada. Campamentos en esteros, tierra adentro e islas. Además, una de las cosas que los ayudo a sobrevivir fue el intercambio con los grupos vecinos agricultores, obtenían maíz a cambio de sal y otros productos del mar.

Tradición Trincheras.

El nombre se asocia a las estructuras de los primeros cerros en las laderas donde se posicionaron después del 1100 d.C. y su centro de mayor importancia surgió a partir del 1300 d.C. en la cuenca del río Magdalena con una estructura bastante compleja. Las terrazas albergaron unidades domésticas con ramadas, jacales y algunas veces campos de agave y posiblemente huertos familiares, con extensos campos agrícolas distribuidos en el valle.

El cerro de trincheras (Imagen 7) es un pueblo de agricultores que



Imagen 7 Zona arqueológica de trincheras Fuente: [//mexicoescultura.com](http://mexicoescultura.com)

cultivaban maíz, algodón, frijol y agave, con áreas especializadas para diferentes funciones. Un asentamiento agrícola con componentes especializados y múltiples funciones, dentro de los valles de Altar, Concepción y Magdalena, ocupados por los Oodham.

Análisis de los sistemas de asentamientos.

Más allá del nomadismo extremo, o la distinta manera de habitar los espacios proporcionados por el medio, que podían llegar a ser descivilizados de acuerdo con lo pensado por los españoles y la cultura occidental, las dos

tradiciones del desierto lograron crear eficientes sistemas de asentamientos.

Eran constructores con un modo de habitabilidad trashumante probablemente adoptado de la fauna del desierto, donde cada función de cada persona era desempeñada en un papel de supervivencia en el medio.

Los Tohono O'odham y su sistema de rancherías de ocupación temporal.

Estos habitantes estaban situados en la tradición arqueológica de trincheras y como ya vimos el nombre proviene de las estructuras de vivienda creadas en los cerros de las laderas donde se posicionaron.

Para antes de la llegada de los españoles, la mayoría de las sociedades indígenas de la región vivía bajo lo que se conoce como: sistema de rancherías de ocupación temporal, que permitía aprovechar los recursos naturales de áreas determinadas en periodos específicos, con lo que los recursos explotados en cada región se

renovaban continuamente.

Consistía en un hábitat trashumante buscando la mejor condición climática para la agricultura, por esa razón tenían edificios estacionales en cada temporada. En los valles del desierto se asentaban para la cosecha durante los meses fríos, en cambio durante el verano subían a las laderas de los cerros donde por medio de terrazas cosechaban otro tipo de recursos.

La casa de los Tohono O'odham (Imagen 8) del valle desierto tiene que ver con los sistemas materiales que utilizaban, la forma curva del domo estaba condicionada estrictamente con las varas secas encontradas en la región: romerillo, jecota, batamote, chicura y otras. Tenían una sola puerta bajita para evitar la pérdida o ganancia de energía en forma de calor y eran de aproximadamente tres metros de diámetro.

Algunos otros pueblos O'odham usaban otras dos estructuras en



Imagen 8 Representación de la vivienda Tohono O'odham en el Jardín Botánico de Phoenix Arizona Fuente: Archivo propio



Imagen 9 Representación de la cocina Tohono O'odham en el Jardín Botánico de Phoenix Arizona Fuente: Archivo propio



Imagen 10 Representación de la ramada Tohono O'odham en el Jardín Botánico de Phoenix Arizona Fuente: Archivo propio



Imagen 11 Terrazas en Zona arqueológica de trincheras Fuente: //milenio.com

sus viviendas, la cocina y la ramada (Imagen 9 y 10). La cocina consistía en un muro bajo de ramas encontradas en la región, sin techo para la liberación de calor, como muchas otras civilizaciones y hasta en la actualidad la cocina era el foco central de las comunidades.

En cambio, la ramada era el lugar de las actividades diarias, las de separación de granos, carnes y cualquier otra producción de alimentos. Estaba conformada con un techo plano a base de ramas de la región y horcones de mezquite.

En los veranos cuando subían a la parte alta, se construían edificaciones con bases de piedra, seguida de ramas, aprovechando algunas veces la accidentada geografía para situarse en cuevas en los cerros, dejando un área de terraza para la agricultura (Imagen 11).

Los Comcáac y sus sistemas emergentes de habitabilidad.

Los seris, como comúnmente los hacen llamar, fueron el grupo étnico que más resistió no solo la conquista, puesto que nunca fueron conquistados, si no la introducción de los modos de vida e ideas de pensamiento de la cultura occidental impuestas en todo el país por los españoles, hasta hace algunos años del siglo XX aún seguían conservando su sistema de habitabilidad tradicional y su modo de vida trashumante.

El reconocimiento del medio físico por parte de ellos es admirable, situados en pequeños grupos familiares lejos de los cuerpos con funciones específicas para cada miembro, su sentido de actividades en contraste con la mínima alteración posible a los recursos, proporciono un sistema de vida adaptable.

Además de lo anterior mencionado, tenían un alto conocimiento por

materiales de la región, la transferencia de energía y la homeostasis de su cuerpo, lo que llevo al diseño de sistemas de estructuras emergentes. La vivienda tradicional de los Comcáac se divide en tres modelos principales de refugios de acuerdo con las funciones específicas.

La llamada por ellos Hacco Habéemza podríamos considerarla como una casa tradicional con la función de brindar refugio a la intemperie dentro de una corta posibilidad de horarios nocturnos. El nombre no tiene una traducción al español, pero diversos investigadores la conocen como brush house o casa de ramas o maleza.

La conocida como Hasóoma o ramada, como su nombre lo indica es construida a base de columnas de madera firme como mezquite y techo de ramadas, no cuenta con paredes al exterior, es totalmente abierta y es utilizada para proveer sombra y frescura en el verano.

Al no contar con muros, el viento pasa libremente entre las paredes, el techo protege de la incidencia solar directa bajando la temperatura, además el material utilizado la rama del desierto cumple la función de guardar la humedad de las mañanas y utilizarla como enfriamiento evaporativo durante el día cuando este en contacto con la radiación solar.

Por último, la conocida como hacáín hant happáhtolca o rompe vientos, es utilizada durante unas cuantas horas durante la cacería como refugios estacionales situados en puntos estratégicos y consiste en un semicírculo con la función de, como su nombre lo indica, brindar protección a los vientos.

3.2.2 Recursos

Podemos clasificar a las anteriores civilizaciones asentadas en el desierto de Sonora por las características de sus territorios y los recursos que en ellos se encuentran se puede hablar de tres grandes regiones: Sociedades del desierto, sociedades de los valles agrícolas y sociedades de la sierra, lo que, en términos generales, representa condiciones y procesos diferenciados en la forma de vida y el desarrollo histórico de los grupos de la región.

Una característica importante por considerar es el arraigo de los grupos humanos al territorio, considerando la diferencia entre los pueblos de Mesoamérica donde la obtención de recursos era más sencilla. Este arraigo está basado en un prolongado conocimiento de la relación con la naturaleza a través de generaciones.

Debido a los conocimientos obtenidos a lo largo de los años sobre las condiciones de las diferentes

regiones, las civilizaciones empezaron a establecer y configurar territorios como propios, además se incorporaron a nuevos hábitos de subsistencia como el ya mencionado surgimiento de los sistemas de rancherías temporales.

Más allá de las creencias y la cosmovisión, los ritos hacia diversas especies de cacería y la celebración en la floración y maduración de algunas plantas funcionaban como marcador estacional. Algunos recursos adquirieron gran importancia para la vida y llegaron a crear cambios sociales, entre ellos la dieta fundamental y la adaptación a los recursos por temporadas.

Para las sociedades del desierto cercanas al golfo, la recolección de diversos moluscos ha sido de gran relevancia desde épocas remotas. Además del aprovechamiento del mar como recurso donde aprendieron a cultivar una especie de alga donde obtenían la harina.

La agricultura se cree que fue resultado de la experiencia entre diversos grupos proto-yuto-nahua que se asentaron en la región. Con la agricultura tuvieron lugar nuevos cambios en las sociedades indígenas en la manera de adaptarse, una de ellas fue el control de los ríos, permitiendo el establecimiento de mayores núcleos poblacionales. Los grupos de origen cahita se caracterizaron por situarse en los márgenes de los ríos más importantes de la región.

El uso de las crecientes de los ríos para cultivar frijol, maíz, calabaza e incluso algodón en el caso de los yaquis o de los sitios y temporadas óptimos para encontrar determinadas especies vegetales como agaves, mezquites o animales terrestres y marinos, o la recolección de miel y pitahayas en verano son algunos ejemplos.

Se ha calculado que los óodham del desierto obtenían tan sólo una quinta parte de su alimento de sus cultivos; la mayor parte de su abastecimiento provenía de las plantas silvestres y de la caza, complementados por alimentos tales como el maíz, la pechita de mezquite y, después de la Conquista, el trigo que comercializaban los pimas y yumas de los valles de los ríos Gila y Colorado, a cambio de las conservas del sahuaro y su propio trabajo⁴¹.

Los Oodham han logrado aprovechar hasta la fecha los recursos brindados por la región natural del desierto, desde su vivienda, hasta su comida. La obtención de harina a partir de plantas silvestres llegó a ser fundamental para su dieta.

41. Moctezuma, J. (2013). Los pueblos indígenas del noroeste. Atlas etnográfico. México. Conaculta. Pag 216

3.3 Introducción a los sistemas de acondicionamiento activos

3.3.1 En el mundo

La arquitectura siempre ha buscado brindar un refugio de acuerdo con las necesidades esenciales de cada persona en el interior. Para ello es necesario utilizar una estructura que resguarde al sujeto dentro de un espacio con un debido manejo ambiental del exterior sobre el interior (Imagen 12).

Las construcciones históricas de la arquitectura nos han demostrado desarrollos tecnológicos donde es posible mantener confortable estos espacios, sin embargo, en muchas ocasiones, sobre todo en sitios donde las temperaturas son extremas, fue necesaria la implementación de instalaciones especiales dentro de estas estructuras.



Imagen 12 Castillo de Montezuma, Arizona, Estados Unidos. Fuente: //elpais.com uy

Así comenzó la preocupación por mantener el ambiente, con adaptaciones tecnológicas como chimeneas, canales para el agua, hasta el diseño de ductos en los sistemas de aire acondicionado.

Es complicado hablar de antecedentes de los sistemas de acondicionamiento anteriores a la invención del aire acondicionado por William Carrier en 1902, pero se puede considerar como el antecesor de todos estos sistemas de acondicionamiento al fuego.

Recordando el capítulo anterior donde hablábamos del confort térmico, podemos decir que el concepto fundamental para entenderlo es la transferencia de calor, de esta manera el fuego llegó a ser una innovación en la búsqueda del acondicionamiento.

El fuego ha propiciado de calor a la humanidad durante siglos, desde la época de las cavernas y su descubrimiento, continuando

con la incorporación de métodos de almacenamiento de leña para calentarse en las temporadas invernales y la invención de la chimenea como método de calefacción en los espacios habitables.

La invención del aire acondicionado fue detonada por un proceso de innovaciones que se dieron en el siglo XVIII, comenzaremos hablando del primer libro publicado sobre ventilación en 1743 “A description of Ventilators” del autor Stephen Hales.

Esta publicación proporcionó una concepción de los sistemas de energía utilizados, aunque seguía siendo muy primitiva, ayudó para que en 1784 James Watt alentara su propia oficina de vapor y con esto el primer edificio calefaccionado que se tiene registro el “Steam May” de Matthew Murray, en Leed en los primeros años del siglo XIX⁴².

42. Addis, B. (2007). 3000 años de Diseño, ingeniería y construcción. Londres pag. 284

Con la llegada de estos avances para el siglo XIX se comenzaron a instalar en las grandes viviendas, o en edificios importantes como hospitales, escuelas y cámaras de gobierno los sistemas de calefacción y ventilación centralizados.

La calidad del aire fue una preocupación desde épocas remotas, en la antigua roma existen escritos del médico griego Galeno, considerado el padre de la medicina donde dicta la importancia de buscar la pureza del aire.

Ya entonces se tenía una intención del control térmico por parte de los diseñadores, inclusive se comienza a utilizar los fluidos refrigerantes como el éter sulfúrico por Jakob Perkins en la máquina de compresión o la máquina para la producción de hielo que utilizaba dióxido de carbono realizada por Alexander Twining en 1853.

Para el año 1894 un médico patólogo público un libro llamado: “Notas sobre la ventilación y la calefacción”, donde describe la importancia y las condiciones necesarias para mantener un edificio saludable, habla también, cómo en la arquitectura la ventilación natural es dejada de lado por la implementación de instalaciones en los edificios y se comienza a resolver el problema simplemente dejando una ventana y un ventilador encendido, pero realmente no se cumple la función requerida.

Anteriormente la ventilación forzada ya era utilizada por las civilizaciones antiguas con artefactos manuales, para el año 1886 el estadounidense Schuyler Skaats Wheeler patenta el antecesor de lo que conocemos como ventilación y en el siglo XIX la ventilación forzada surgía como auge para la climatización de los espacios, sin embargo, no era implementada en gran medida sobre la arquitectura.

La creación del aire acondicionado

fue influenciada por los avances científicos de Herman Rietshel al publicar un libro llamado “Guía para calcular y diseñar instalaciones de ventilación y calefacción”, centrándose un capítulo en hablar por primera vez en el control de la humedad. A partir de este momento nace la American Society of Heating and Ventilating Engineers en 1894.

En base a los estudios de Rietshel, William Carrier diseña el primer modelo de aire acondicionado tal y como lo conocemos hoy en día, partiendo de la necesidad por crear una máquina capaz de evitar la retención de humedad del aire en temperaturas más bajas, fue contratado por una imprenta de Brooklyn ya que, la tinta era alterada por el calor y la humedad al desprenderse sobre la superficie⁴³.

43. Carrier corporativo. (2016). Los creadores del primer A/C de la historia. Rescatado el 5 de octubre del 2018, de Carrier Sitio web: carrier.com.mx/corporativo/

El edificio Larkin de Frank Lloyd Wright en Buffalo (1905) fue de los primeros edificios en tener aire acondicionado (Imagen 13), a partir de este momento se crea un cambio en los paradigmas de la arquitectura. Surgiendo de la necesidad por crear una estructura capaz de mantener las condiciones que propiciaba este sistema.

Analizando la arquitectura del edificio se puede considerar que la base fundamental para el proceso de diseño fue la innovación del SAA. Comenzamos con la planta ortogonal (Imagen 14):

- El área de trabajo y de oficinas estaba centrada dejando una gran área libre para la circulación del aire.
- La estructura y los materiales también influyeron en el diseño, el acero de la estructura proporciona claros y alturas más largas para la planta central libre, en cambio el exterior a base de ladrillo lleva la función hermética impidiendo la ganancia de calor del



Imagen 13 Edificio Larkin de Frank Lloyd Wright 1905 Fuente: La arquitectura del entorno bien climatizado.

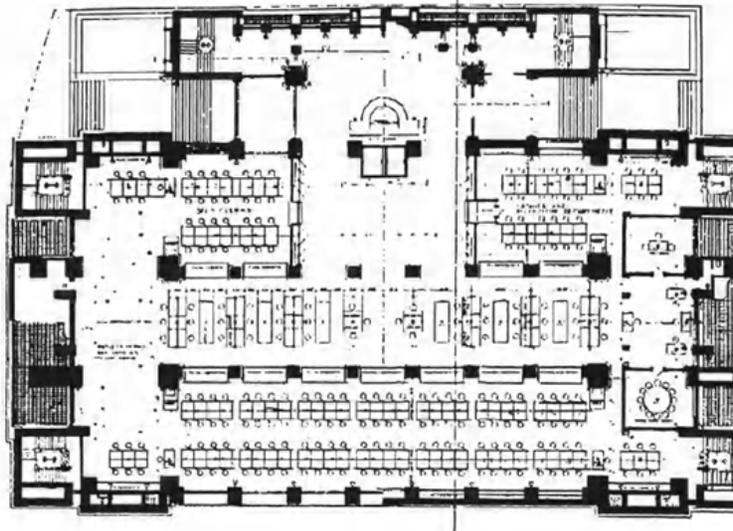
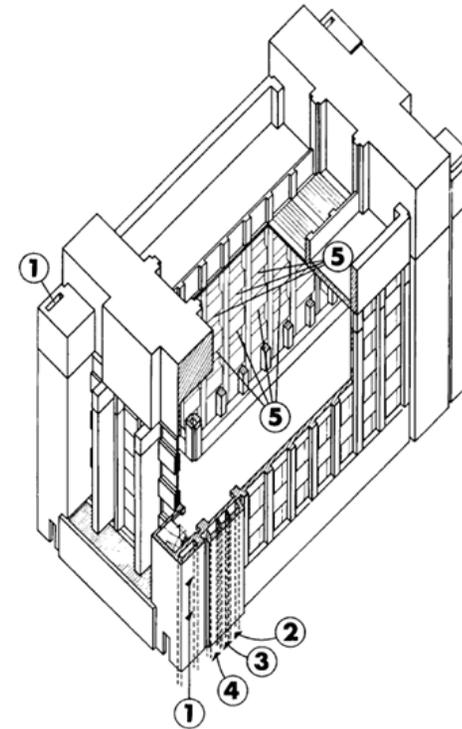


Imagen 14 Edificio Larkin, planta arquitectónica Fuente: La arquitectura del entorno bien climatizado.



Larkin Building: cut-away drawing showing location of main air-ducts.

1. Fresh air intake
2. Tempered air distribution
3. Foul air and exhaust
4. Utilities duct
5. Tempered air outlet grilles under edge of balconies

Imagen 15 Edificio Larkin detalle de climatización. Fuente: La arquitectura del entorno bien climatizado.

ambiente natural.

- Además, dentro de la estructura de ladrillo se observan el sistema de ductos y renovación del aire (Imagen 15).

El SAA implementado en el edificio de Wright era muy básico. El edificio llevó a un análisis de las nuevas necesidades que representaba la utilización

de los SAA y poco a poco se fueron perfeccionando.

Un alumno de Wright, el arquitecto George Willis, diseñó en 1928 un edificio conocido como el Milam Building (Imagen 16) en San Antonio Texas, considerado por la revista “Heating Piping and Air Conditioning” el primero edificio completamente equipado con aire acondicionado, suministrando refrigeración y calefacción.

Las similitudes con el edificio Larkin es Wright en cuanto a la base del diseño son notables, las características prevaletientes son las siguientes:

- La geometría ortogonal
- El área central libre de materiales pesados
- El uso de materiales para guardar la temperatura
- La eliminación de las ventanas abiertas
- Fachada hermética

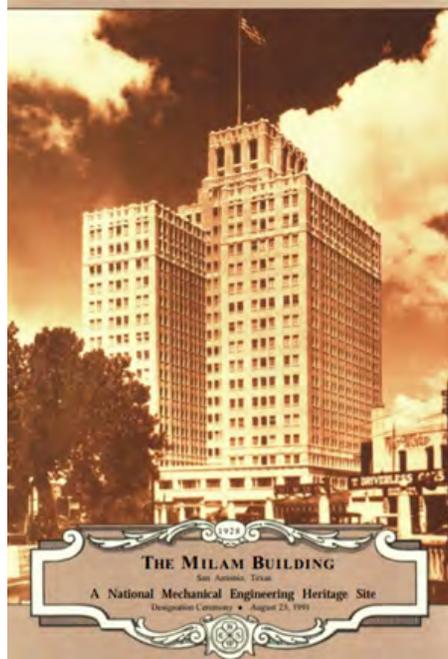
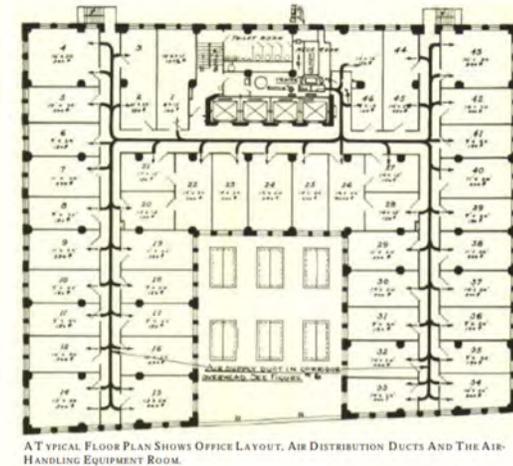
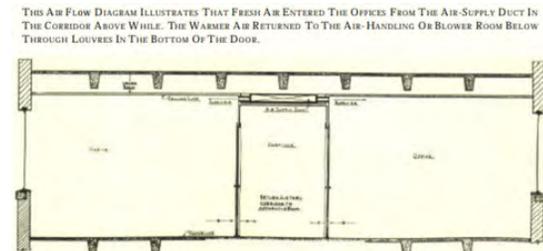


Imagen 16 Edificio Milam Bulding, primer edificio en tener aire acondicionado por completo Fuente: //texashillcountry.com



AT TYPICAL FLOOR PLAN SHOWS OFFICE LAYOUT, AIR DISTRIBUTION DUCTS AND THE AIR-HANDLING EQUIPMENT ROOM.

El avance tecnológico fue la utilización de ductos para canalizar el aire suministrado y la implementación del falso techo para ocultar instalaciones (Imagen 17). En este momento el sistema de climatización llegaría a formar una estructura aparte, creando espacios privados a diferencia del edificio de Frank Lloyd Wright.



THIS AIR FLOW DIAGRAM ILLUSTRATES THAT FRESH AIR ENTERED THE OFFICES FROM THE AIR-SUPPLY DUCT IN THE CORRIDOR ABOVE WHILE THE WARMER AIR RETURNED TO THE AIR-HANDLING OR BLOWER ROOM THROUGH LOUVRES IN THE BOTTOM OF THE DOOR.

Imagen 17 Sección del edificio donde se percibe el falso techo

Fuente: //texashillcountry.com

3.3.2 En México y Sonora

Es difícil identificar cuál fue el primer edificio en tener aire acondicionado en el país. Sin embargo, gracias al comercio y a las telecomunicaciones, después de la invención de los SAA no tardaron mucho en llegar a México.

Después de la publicación del primer edificio completamente equipado con aire acondicionado en el mundo, la noticia no tardo en expandirse. Para 1920 William Carrier abriría su primera planta de manufactura.

Para México el desarrollo tecnológico de este artefacto llego a notarse hasta los años veintes y treintas con el surgimiento del concepto de modernidad y la ideología del diseño inspirada en la Bauhaus.

La arquitectura sufrió una serie de cambios durante esa época, los espacios interiores, se fueron modificando según los avances tecnológicos. La

concepción de la palabra modernidad en ese entonces estaba ligado a una serie de tecnologías diseñadas para mejorar las necesidades de las personas (Imagen 18).

Modernidad era sinónimo de electricidad, una edificación electrificada nos llevaba al confort, de ahí se desglosaban aquellas tecnologías que lograban dar un cambio en la calidad de vida de las personas, como el agua caliente y el aire acondicionado.

Los primeros edificios en tener sistemas activos de climatización fueron centros comerciales, edificios de oficinas y cines. Llego a ser motivo de publicidad para motivar a las personas a pasar tiempo en estos espacios dotados de un clima artificial.

Para los años treinta un edificio que estuviera apropiado completamente de electricidad era imagen de comodidad. La arquitectura se transforma en base a estos conceptos, espacios que anteriormente eran tomados sin

importancia por parte del diseño como el baño y la cocina, ahora forman parte de un objeto de estudio.

Comenzaron a surgir los mismos cambios en la arquitectura de los edificios diseñados con aire acondicionado. La



Imagen 18 Publicidad de aire acondicionado, años treintas

Fuente: Archivo de revistas //arquitectura.unam.mx

característica de compacto y hermético a diferencia del edificio donde las plantas se conectaban a grandes jardines, patios centrales, diversas alturas y ventanales evolucionaron para convertirse en fachadas diseñadas para rechazar los agentes del ambiente exterior, materiales escogidos de acuerdo a la optimización del sistema de climatización y plantas compactas, facilitando el desplazamiento del clima artificial.

Para Sonora no fue diferente, aunque el avance tecnológico significativo llegó unos años después de este fenómeno, ya que el arraigo por los sistemas tradicionales de construcción y los hábitos de la población de las ciudades y pueblos no permitieron que se propiciara el uso de los sistemas activos hasta la comercialización de la unidad de ventana y la invención del minisplit.



Imagen 19 Publicidad de aire acondicionado Carrier
Fuente: Archivo de revistas //arquitectura.unam.mx

Una de las cosas que propició la utilización de los SAA comerciales fue el surgimiento de los procesos de industrialización de la arquitectura, y la llegada de los desarrolladores de vivienda (Imagen 19).

Con anterioridad a este desarrollo tecnológico existía una tipología de edificios, los antiguos asentamientos

humanos en sistemas de rancherías, pero combinando la herencia en tecnologías constructivas aportadas por los españoles que llegaron a formar parte de la arquitectura regional.

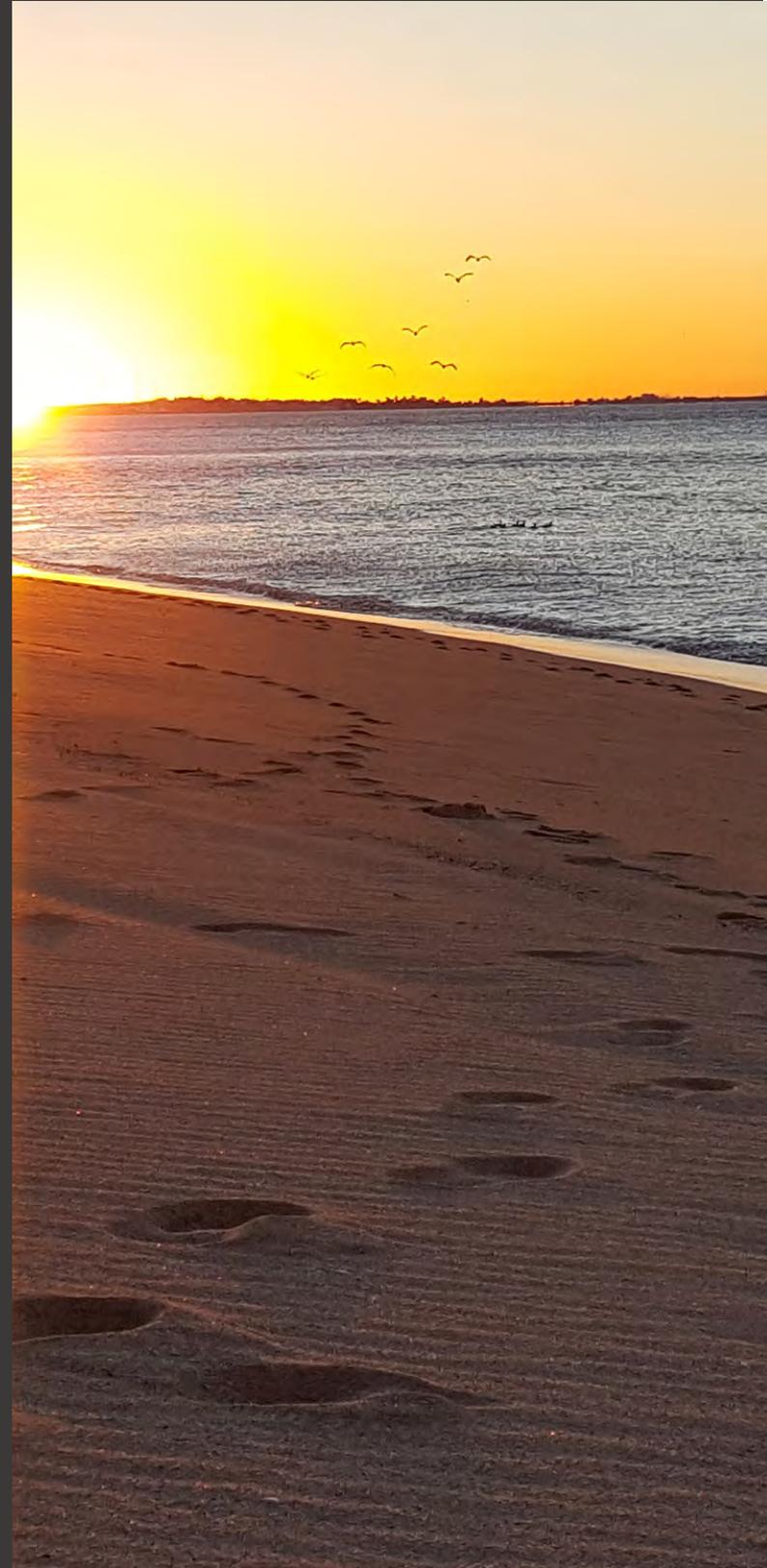
A partir del siglo XX se consideró un cambio entre la vida común familiar gracias a los avances tecnológicos de carácter personal y para el siguiente siglo ya se había conquistado la vida privada individual. Donde cada individuo de la vivienda o edificación tiene su espacio privado alrededor de una serie de innovaciones tecnológicas, sin la necesidad de interacción directa con los demás usuarios.

Esta transformación histórica llevó al surgimiento de problemas en las soluciones arquitectónicas, frente a las condiciones climáticas en el caso de estudio, donde los materiales, forma y tecnologías constructivas no logran ser suficientes para mantener un ambiente exterior, llevando a la dependencia de los SAA.

CAPÍTULO

SOLUCIONES
ARQUITECTÓNICAS FRENTE A
SITUACIONES CLIMÁTICAS

4



Capítulo 4 Soluciones arquitectónicas frente a situaciones climáticas

4.1 Soluciones arquitectónicas

Durante años el ser humano buscó la manera de adaptarse al medio donde se asentaba. Con el objetivo de brindar protección de la intemperie a sus usuarios, se logró aprovechando el medio natural.

El medio ambiente juega un papel muy importante en la relación con la arquitectura. Gracias a ello, conforme se mantenían las tradiciones de construcción se logró que los usuarios pudieran llevar su vida en ambientes arquitectónicos saludables.

El termino bioclimático no es nuevo se viene utilizando desde hace muchos años y etimológicamente hace referencia a la relación del ser humano con el clima. Se entiende con una serie de procedimientos basados en el bienestar humano como objetivo principal bajo condiciones climáticas

en un lugar determinado, puede estar enfocado a cualquier ciencia y su concepto está en crecimiento conforme la evolución del hombre.

Sonora se encuentra ubicada en una latitud poco favorable para habitar debido a sus condiciones climáticas, donde las temperaturas son extremas llegando a máximas de 49°C y temperaturas mínimas de -10°C⁴⁴. Las ráfagas de viento varían de acuerdo con el lugar donde se sitúen, pero en general los lugares donde no se presenta un tipo de forma geográfica que impida el paso del aire, llegan a considerar velocidades promedio de hasta 25km/h y ráfagas de hasta 49km/

44. CONAGUA. (2017). Temperaturas máximas y mínimas promedio a nivel nacional por entidad federativa. recuperado el 13 de mayo del 2018, de Comisión nacional del agua Sitio web: <http://smn.cna.gob.mx/>

h⁴⁵. Esto es común en localidades costeras.

Para ser más específico el desierto de Sonora es una zona árida, una condición geográfica donde la principal característica es la escasez en sus precipitaciones y humedad en función del clima. Es por eso que habitar esta región ha ido un reto para la arquitectura, donde los grupos humanos lograron adaptar el modo de vida a las condiciones climáticas.

A partir de la revolución industrial una serie de adelantos tecnológicos modificó el rumbo que tomaría la arquitectura, preocupándose por la búsqueda de sistematizar los procesos constructivos, con el fin de ser más fácil y económica de realizar para el diseño.

45. Datos obtenidos del programa Climate Consultain, para el estado de Sonora

El concepto de modernidad en la arquitectura comienza a surgir como sinónimo de innovaciones tecnológicas con el objetivo de brindar la comodidad en los espacios. Las formas geométricas heredadas de la Bauhaus hacían que los mismos edificios requirieran de los avances tecnológicos para compensar la resolución de necesidades.

El surgimiento de los materiales prefabricados logró que se olvidara lo regional y con esto la desconexión entre el clima y la arquitectura (Imagen 20). Las condiciones climáticas del interior no eran favorables, comenzando un problema para lograr el confort en el interior.

A la par con ese fenómeno, el aire acondicionado inventado por Carrier comenzaba a tener auge, ya probado en distintas edificaciones de manera eficiente se lograba proporcionar una climatización artificial en los espacios.

Rem Koolhaas afirma que esta serie de adelantos arquitectónicos



Imagen 20 Torre de Hermosillo ejemplo de soluciones arquitectónicas frente a situaciones climáticas Fuente: Instagram Hermosillocity

que facilitaron de cierta forma la habitabilidad de los espacios también logró que cambiara la forma de percibir la arquitectura, eliminando la interacción del exterior con el interior en el caso del aire acondicionado:

Hace cien años, una generación de adelantos conceptuales y tecnologías de apoyo desencadenaron un big bang arquitectónico. Al hacer aleatoria la circulación al cortocircuitar las distancias, al hacer artificiales los interiores, al reducir la masa,

ampliar las dimensiones y acelerar la construcción, el ascensor, la electricidad, el aire acondicionado, el acero y por último las nuevas infraestructuras formaron un conjunto de mutaciones que provocó una arquitectura de otra especie⁴⁶.

Comenzó una época donde el diseño se basaba en repeticiones por la industrialización de los materiales, creando edificios similares sin importar las diferentes características regionales. La falta de integración con el clima fue solucionada con la utilización del aire acondicionado.

Se plantaron nuevos objetivos con el fin de optimizar el consumo energético en consecuencia del uso de los SAA. Con estos nuevos objetivos varias empresas se dedicaron a crear materiales de construcción que fueran eficientes a las condiciones de estos aparatos (Gráfico 18).

46. Koolhaas, R. (2014). Acerca de la ciudad. Barcelona: Gustavo Gili. Pag. 23

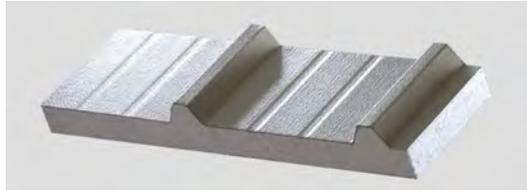


Grafico 25 Sistemas de aislamiento comunes, insulpanel, steelboard y foamboard. Fuente: Fanosa

Los materiales y el diseño arquitectónico crearon una dependencia por el aire acondicionado y a su vez el aire acondicionado necesitaba de los materiales y el diseño para poder tener la máxima eficiencia.

La manera de habitar los espacios fue modificada debido a que estos necesitan estar cerrados en un clima artificial. Estos acontecimientos lograron generar una serie de problemas, algunos solo notables a largo plazo y otros más evidentes pero escondidos en las pautas del diseño arquitectónico que se ha convertido en convencional.

- El desapego urbano ambiental.
- El SAA como centro de diseño.
- El problema energético y medio.

4.2 Desapego urbano – ambiental

Los ventiladores eliminaran cualquier referente de ventana tradicional. Cuando yo me encuentre en mi salón de cristal no querré escuchar nada del mundo exterior. Si alguna vez llego a sentir nostalgia del cielo, de las nubes, del mote y de los prados, entonces bien podré retirarme a una galería pensada especialmente para el caso y construida con paneles transparentes de cristal⁴⁷.

Esta descripción de la arquitectura del futuro ya nos advertía en 1914 como sería la arquitectura en nuestra era con la implementación de sistemas activos de acondicionamiento y hacia donde se estaba proyectando esta visión.

47.Scheebart, P. (1998). Arquitectura de cristal. Barcelona: Murcia. Pag. 129

Hace veinte años en las ciudades del noroeste de México, específicamente en las regiones del caso de estudio, los hábitos comunes de las personas eran muy diferentes a los que conocemos hoy en día. Estaba ligado con la adaptación a las condiciones climáticas por medio de estas costumbres debido a las intensas temperaturas.

La arquitectura se encontraba íntegramente ligada a las funciones que presentaban las personas. Por dar un ejemplo un individuo podía cambiar de espacio en un determinado edificio, simplemente para sentirse en confort en otro lugar del mismo durante determinadas horas del día.

Esto llevo a crear espacios de transición como pórticos, patios centrales con andadores techados pero permeables al exterior, grandes ventanas, pero diseñadas estratégicamente, y sin olvidar la ventilación natural para cumplir con esta necesidad (Imagen 21).



Imagen 21 Los portales, Álamos, Sonora Fuente: Archivo propio

Estas costumbres fueron adoptadas de los asentamientos humanos antepasados situados en la región, como el sistema de rancherías que eran utilizado en distintas épocas del año dependiendo de las condiciones climáticas.

Actualmente la dependencia en la utilización de SAA ha modificado los hábitos y costumbres del comportamiento humano mencionados anteriormente y con esto se creó un cambio en la arquitectura, enfocado en

la búsqueda de objetivos económicos, dejando por consecuencia un desapego urbano ambiental en los edificios.

El desapego urbano ambiental no es otra cosa que la consecuencia de la importancia de mantener hermético el espacio interior, para evitar cualquier afectación por parte del exterior.

La ventana pasa de ser un elemento arquitectónico a ser una problemática para la hermeticidad que requieren los SAA. Permanece cerrado la mayor

parte del día debido a que los sistemas de climatización forzosamente necesitan mantener un ambiente reservado para controlar la transferencia de calor.

Debido a las condiciones de las zonas áridas la utilización de estos equipos es durante la mayor parte del día, se mantienen encendidos desde más de diez horas, durante casi todos los días del año. El diseño arquitectónico se olvida de la ventilación natural y de los SAP.

Víctor Gruen el autor de los centros comerciales, aseguraba que es más exitoso un espacio público cerrado, a las zonas peatonales públicas al descubierto en climas extremos⁴⁸. Incluso hace una comparación de lo que puede llegar a caminar un hombre en diferentes circunstancias.

En consecuencia, el espacio exterior, áreas verdes e incluso patios dentro de predios, dejó de ser importante, se han reducido más de tres veces estos espacios de lo que se tenía hace 24 años⁴⁹.

Se modificaron hábitos del comportamiento del ser humano, se dejó de transitar sobre las condiciones climáticas extremas (Imagen 22), refugiándose en los interiores con climas artificiales hasta que las temperaturas se moderaran (Imagen 23). Nadie sale de sus casas o sus trabajos durante



Imagen 22 Centro histórico de la ciudad de Hermosillo a las 14:00 horas Fuente: Archivo Propio



Imagen 23 Centro histórico de la ciudad de Hermosillo a las 19:00 horas Fuente: Archivo Propio

48. Koolhaas R. (2011). Mutaciones. Estados Unidos: editorial ACTAR.

49. Arellano, A. (2018). Hermosillo tiene 300% menos de áreas verdes. Rescatado: 13 de noviembre del 2018, de Proyecto puente Sitio web: proyectopuente.com.mx

el día por las condiciones extremas del exterior.

Todo esto ha generado una serie de consecuencias para el diseño arquitectónico y urbano:

- La ventilación natural nula, no existe la preocupación de las estrategias pasivas de climatización y todo se limita a la utilización de sistemas activos para efectos prácticos en la arquitectura.

- Debido al escaso uso de áreas verdes, patios o espacios exteriores en los edificios pasan a desaparecer, resulta más práctico cerrar todo para implementar el aire acondicionado.

- El exceso de sistemas activos genera el llamado efecto de isla de calor donde la temperatura de la ciudad supera la temperatura ambiente de las condiciones regionales.

4.3 El sistema de acondicionamiento activo como centro del diseño arquitectónico

La arquitectura siempre ha estado influenciada con los cambios de la época, pero uno de los que más ha afectado de manera exponencial es el de los avances tecnológicos, a medida que se comercializan nuevas tecnologías la arquitectura será modificada para aplicarlas.

Como ya analizamos en el capítulo anterior, después de la llegada de los espacios climatizados artificialmente, cambiaron paradigmas arquitectónicos. Desde la construcción de los primeros edificios con estas tecnologías surgió un cambio en la manera de diseñar, añadiendo la variable de optimización de los SAA.

Con la implementación de estas nuevas estrategias y la utilización de los SAA las condiciones de confort del interior en las zonas áridas se

solucionaron parcialmente, ya que lograron crear un ambiente artificial en el interior, pero surgieron nuevos problemas relacionados con la economía.

Poco a poco los SAA pasaron a ser parte del sujeto de estudio de la arquitectura, convirtiéndose después en el objetivo central. Esto generó una serie de avances tecnológicos basados en la búsqueda de evitar la transferencia de calor.

Los materiales y elementos constructivos creados a partir de este fenómeno son resultado de la industrialización de la arquitectura, la economía en la construcción y la búsqueda por la optimización del SAA (Gráfico 20).

La arquitectura pasó de ser un diseño integral para dissociarse con elementos aislados, sistemas constructivos que carecen de una interacción entre los diferentes componentes que forman la arquitectura para lograr un objetivo

holístico.

De esta manera la forma, los materiales y los elementos estructurales no son suficientes para las necesidades que se requieren en la arquitectura de las zonas áridas, llegando a una dependencia por los SAA para compensar esta carencia.

Actualmente existe una desvinculación entre las disciplinas encargadas de la arquitectura, llegando a producir arquitectura económica y fácil de construir (Gráfico 19), sin embargo, estas soluciones no se integran completamente para resolver el problema.

Quizás una solución sería la transdisciplina, es una forma de interacción entre varias disciplinas para encontrar soluciones más sencillas, es tener el conocimiento de que una sola disciplina no puede resolver todas las problemáticas existentes y surge la necesidad de llevarlo más allá de otras disciplinas completas.



Gráfico 26 Planta arquitectónica de una vivienda actual en la ciudad de Hermosillo, Sonora Fuente: Inmobiliaria Elga

Gráfico 27 Publicidad sobre los beneficios de productos con aislante térmico Fuente: Fanosa

4.4 Energía y medio

Uno de los temas principales de la arquitectura actualmente es la energía. Como ya vimos en capítulos anteriores, el cuerpo humano es una máquina perfecta para generar energía que obtiene con los alimentos que consume a través de un proceso metabólico.

La tierra recibe mil watts de energía solar en cada cm² (constante solar): parte de esta energía es reflejada por la atmosfera al espacio exterior. Un 10% de la energía absorbida por la tierra es utilizada por las plantas para realizar la fotosíntesis (Gráfico 21)⁵⁰.

Más allá de ser una moda de la nueva época que estamos enfrentando, la arquitectura debe girar en torno a la optimización de la energía, cambiar los paradigmas de funciones y forma, y empezar a generar formas que respondan a las necesidades

50. Pelayo, C. y Escalante, M. (2001). Geografía, segunda edición. Mexico : Santillana.

energéticas en todos los sentidos.

Existe un modelo de exploración arquitectónica donde se da la relación de confort-eficiencia-estética, forma y energía. Donde se explica como la forma sigue a la energía. Pero el concepto de energía como aquella propiedad física en general y no como la energía de consumo que estamos actualmente involucrados.

Los edificios son los grandes consumidores de energía de la actualidad, estamos hablando de más de un 40% del consumo global de

energía⁵¹, y la que gran parte de esta energía está destinada a alimentar los SAA.

El empleo constante de los sistemas de climatización requiere de un alto consumo de energía eléctrica. La mayor parte de esta energía es producida por quema de combustibles fósiles no renovables.

La energía que se consume en la arquitectura se establece en dos

51. Comisión Europea. (2018). Energy Performance of Buildings. 25 de noviembre del 2018, de European Commission Sitio web: /ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings

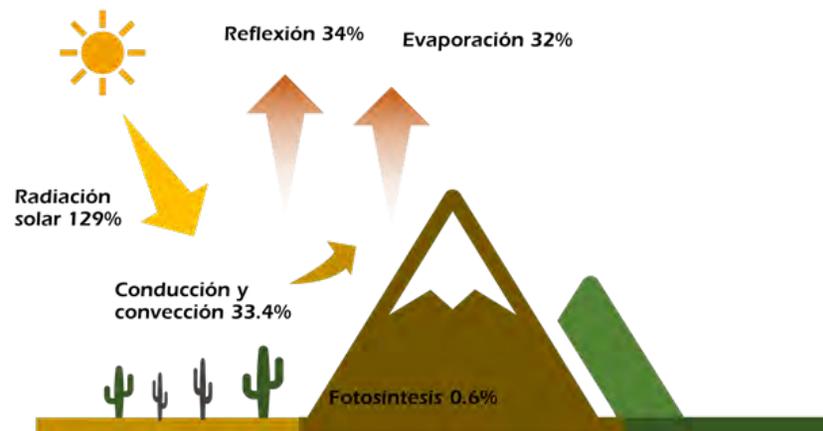


Gráfico 28 Radiación Solar absorbida por la tierra Fuente: Elaboración propia

momentos, la que se considera dentro de la vida útil del edificio, aquella en la que consumimos electricidad, agua y gas durante los procesos de mantenimiento. Y aquel momento en el que se requiere energía para el proceso de construcción, desde su concepción hasta los medios de transporte que requiere la materia prima.

Cuando los elementos del medio natural se usan para satisfacer las necesidades de los seres humanos, reciben el nombre de recursos naturales. Los seres humanos requerimos alimentos y otros insumos para vivir y reproducirnos. La vida diaria está involucrada con materias primas derivados de los recursos naturales.

Con el incremento de las poblaciones la demanda de recursos naturales necesarios para satisfacer a los habitantes aumenta de tal manera que se sobreexplotan y en casos extremos son llevados a un nivel de desaparición. La cuantificación exacta

de los recursos naturales necesarios de un país en relación con el crecimiento de la población es un factor muy difícil de determinar.

La mayor demanda de los productos acelera los procesos industriales para transformar materias primas a costa de un uso excesivo de recursos naturales y origina grandes desperdicios y contaminación del aire, agua y suelo. El agotamiento de los recursos naturales lleva al desequilibrio económico y a disminuir los niveles de bienestar, ocasionando la pobreza extrema por la falta de recursos

La relación entre población y recursos fue estudiada por Robert Malthus en la revolución industrial. Su teoría afirma que hay un desequilibrio entre el crecimiento de la población y la producción de alimentos. La población crece en forma geométrica (1,2,4,8,16...) y los alimentos en forma aritmética (1, 2, 3, 4...). A su vez una mayor producción agrícola e

industrial provocaría un incremento de la población y a más habitantes, más consumo de recursos hasta su agotamiento y un mayor estado de pobreza.

Cabe mencionar que esta teoría no tomaba en cuenta las reservas de recursos naturales de grandes espacios, como las zonas polares y el fondo de los océanos, ni el avance tecnológico para un mejor uso de recursos.

Existen otras opiniones encontradas respecto a las teorías malthusianas y neomalthusiana, hay quienes opinan que el crecimiento de la población puede ser un motor de desarrollo económico con la ayuda de las nuevas tecnologías sustentables.

Los requerimientos de los recursos naturales crecen, su sobre explotación y el gran volumen de contaminantes que ingresan al ambiente natural origina que se alteren las delicadas relaciones de la biosfera.

Las regiones naturales se degradan al ser transformadas de manera excesiva por las actividades económicas del hombre. Alterando al entorno, plantas y animales se encuentran en peligro de extinción. Al cambiar los ambientes naturales las personas modifican la naturaleza misma sin conocerla, creando un desequilibrio ecológico.

A eso se suma el creciente desarrollo industrial, el uso irrefrenable de los combustibles fósiles y la destrucción de los bosques han elevado en forma considerable los niveles de contaminación de la atmósfera.

Al aumentar los contaminantes lanzados a la atmósfera, la composición del aire cambia y su equilibrio térmico es alterado. Provocando un aumento gradual de las temperaturas medias anuales, a este fenómeno es conocido como calentamiento global.

La contaminación del aire se genera por la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera. Cuando la mezcla

de gases que componen el aire se modifica al desequilibrarse alguno de sus componentes se dice que el aire está contaminado. Las sustancias que afectan a esta proporción original se les llama agentes contaminantes y pueden clasificarse en dos: las producidas por fenómenos naturales y las artificiales, debidas a la acción del hombre.

Los contaminantes naturales son sencillos, suelen ser partículas de sal procedentes del mar, polen, esporas, humo de incendios forestales, polvo producido por la erosión eólica, cenizas y humos generados por las emanaciones volcánicas.

Los artificiales son producidos por acciones humanas especialmente por los procesos industriales y el uso de combustibles fósiles. Los principales agentes contaminantes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y plomo, el monóxido de cloro y los fluoruros.

El viento ayuda a desplazar los contaminantes de la atmósfera (Gráfico 22). Los días de alta contaminación se deben al aumento de la concentración de agentes contaminantes en relación con la ausencia de vientos. La acumulación de agentes contaminantes da lugar a la inversión térmica (Gráfico 23), que mantiene la contaminación como si estuviera debajo de una tapa.

La presencia de gases invernadero ocasiona que la mayor parte de la radiación solar que llega a la superficie terrestre quede atrapada. Lo que provoca un aumento en la temperatura denominado invernadero.

Si los niveles de dióxido de carbono no son controlados por el uso indiscriminado de combustibles fósiles, habrá un aumento de las temperaturas medias anuales.

Esto podría originar el cambio en la distribución de las precipitaciones pluviales alterando el sistema climático terrestre. Datos de la Organización



Gráfico 29 Circulación de aire normal Fuente: Elaboración propia



Gráfico 30 Efecto de Inversión térmica Fuente: Elaboración propia

Meteorológica Mundial de la concentración global de dióxido de carbono.

Se dice que en un máximo de cien años habrá incrementos considerables de temperatura de entre 2.5°C y 8°C si persisten los elevados índices de dióxido de carbono y los gases invernadero en la atmosfera.

En consecuencia, se modificará la circulación del aire y de los océanos, afectando directamente al ciclo hidrológico, afectación en la evaporación y lluvias. Las zonas climáticas se ampliarían del ecuador provocando que los polos se fundieran. Aumentando el nivel del agua 2 metros o más.

En latitudes altas el calentamiento sería mayor incidiendo directamente en incendios forestales llevando a la transformación de hábitats naturales y la extinción de especies. Relación de la población con el deterioro ambiental y sobreexplotación de recursos.

CAPÍTULO

PROPUESTA DE SISTEMA DE
CONTROL TÉRMICO

5



Capítulo 5 Propuesta de sistema de adaptación térmico

Haciendo una recapitulación de lo que hemos revisado anteriormente entendemos que:

Un sistema es aquel conjunto de elementos que de manera organizada tienen una relación entre sí con un objetivo específico.

Control es lo entendible por adaptación, el proceso en el cual un sistema en nuestro caso, en relación con el medio, crea cambios en su estructura de manera que, pueda realizar un aprovechamiento de recursos brindados por el medio para alcanzar sus propósitos.

Térmico es el concepto en el cual involucra una transferencia de energía, más específicamente la energía calorífica, se puede dar en cualquier materia que exista, incluso en el cuerpo humano, al cual el control térmico de este le llamamos homeostasis.

La propuesta será crear un sistema en el cual los elementos logren hacer una adaptación térmica al medio (Gráfico 24), de la misma forma que el ser humano usa su sistema para realizar la homeostasis, el sistema optimizará recursos para lograr una estabilidad térmica sin altos intervalos de temperatura en el interior de un elemento arquitectónico.

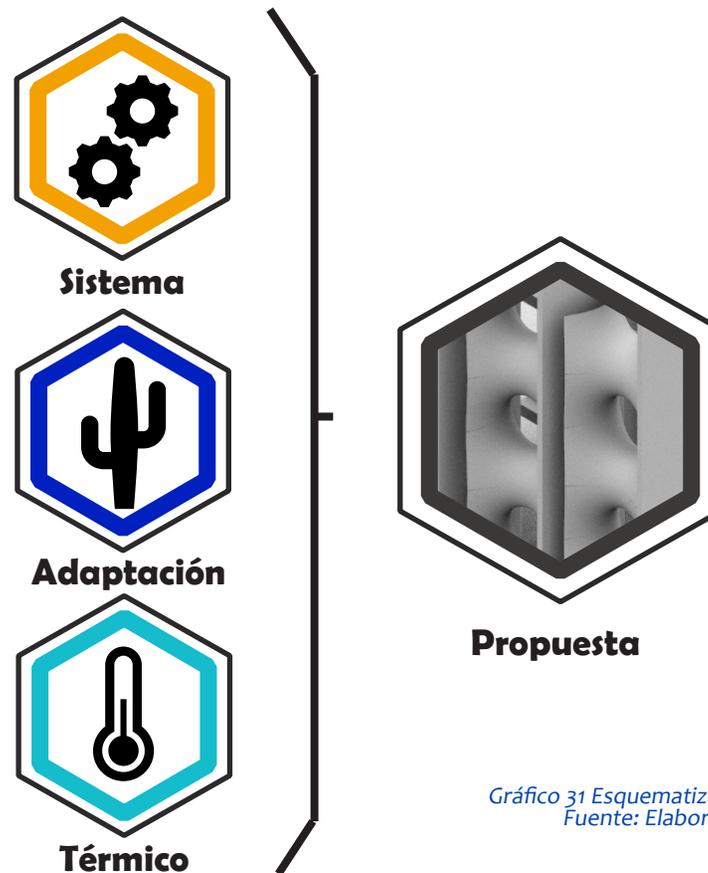


Gráfico 31 Esquematización de la propuesta
Fuente: Elaboración propia

Hay que entender que el sistema tiene que ser integral con el diseño arquitectónico, para que logre funcionar correctamente y no interpretarlo como un elemento independiente, pero con funciones integradas al elemento arquitectónico.

El procedimiento para poder realizar la propuesta de sistema de control térmico será la siguiente:

Primeramente, se creará un esquema de variantes para condicionar a los objetivos que se quiere llegar, esto se logrará a partir de un análisis en las condiciones de temperatura en un sitio determinado de zonas áridas, gracias a la interpretación de datos tomados de Climate Consultain.

La siguiente fase será realizar experimentaciones virtuales en el software CFD ANSYS fluent, para conocer los fenómenos físicos involucrados con la termodinámica y llegar a la elección de la forma, materiales y condiciones específicas de

transferencia de energía.

La tercera parte será el modelado del sistema, se comenzará la parametrización y programación de la superficie, para después interpretarlo en software de modelado MAYA AUTODESK.

Por último se realizará la simulación del funcionamiento del sistema de control térmico en CFD ANSYS FLUENT llegando a la interpretación de los resultados obtenidos.

5.1 Esquema de variantes

Para el diseño de un esquema de variables donde se pueda describir como funcionaría el sistema y cual es el objetivo del mismo, se utilizó el software Climate Consultain.

Climate Consultain es una plataforma que grafica información previamente obtenida de la misma base de datos de una determinada localización geográfica para interpretaciones climáticas. Crea las graficas de los

intervalos de temperaturas, humedad relativa, velocidades del viento, nubosidad, grafica psicométrica, entre otros.

Como lo vimos en el primero capítulo, para el confort térmico en las personas influyen ciertos parámetros ambientales como la temperatura, la humedad relativa y las velocidades del viento. Por ello los principales datos que vamos a necesitar para el diseño de las variantes son:

- Las temperaturas máximas, mínimas y promedio por mes (Gráfico 25).
- Las velocidades del viento, máximas, mínimas y promedio por mes (Gráfico 26).
- Y las graficas comparativas de temperatura de bulbo seco en relación con la humedad relativa por mes (Gráfico 27).

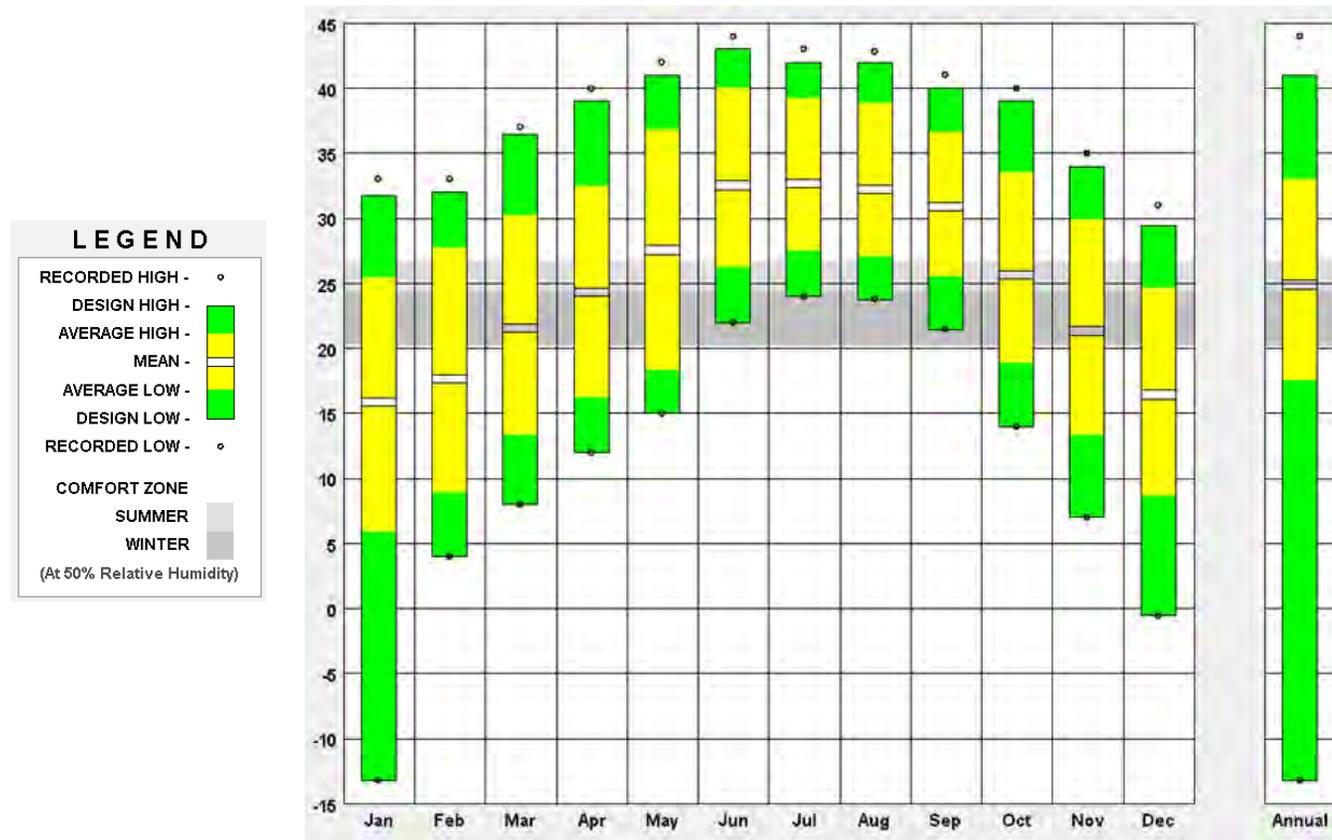


Gráfico 32 Rango de temperaturas, máximas, mínimas y promedio en el caso de estudio Fuente: Climate Consultain

En resumen, la primera grafica nos muestra como en los meses de junio y Julio se alcanzan las temperaturas mas altas del año, llegando a los 45°C, además la temperatura mínima registrada en diciembre de -15°C.

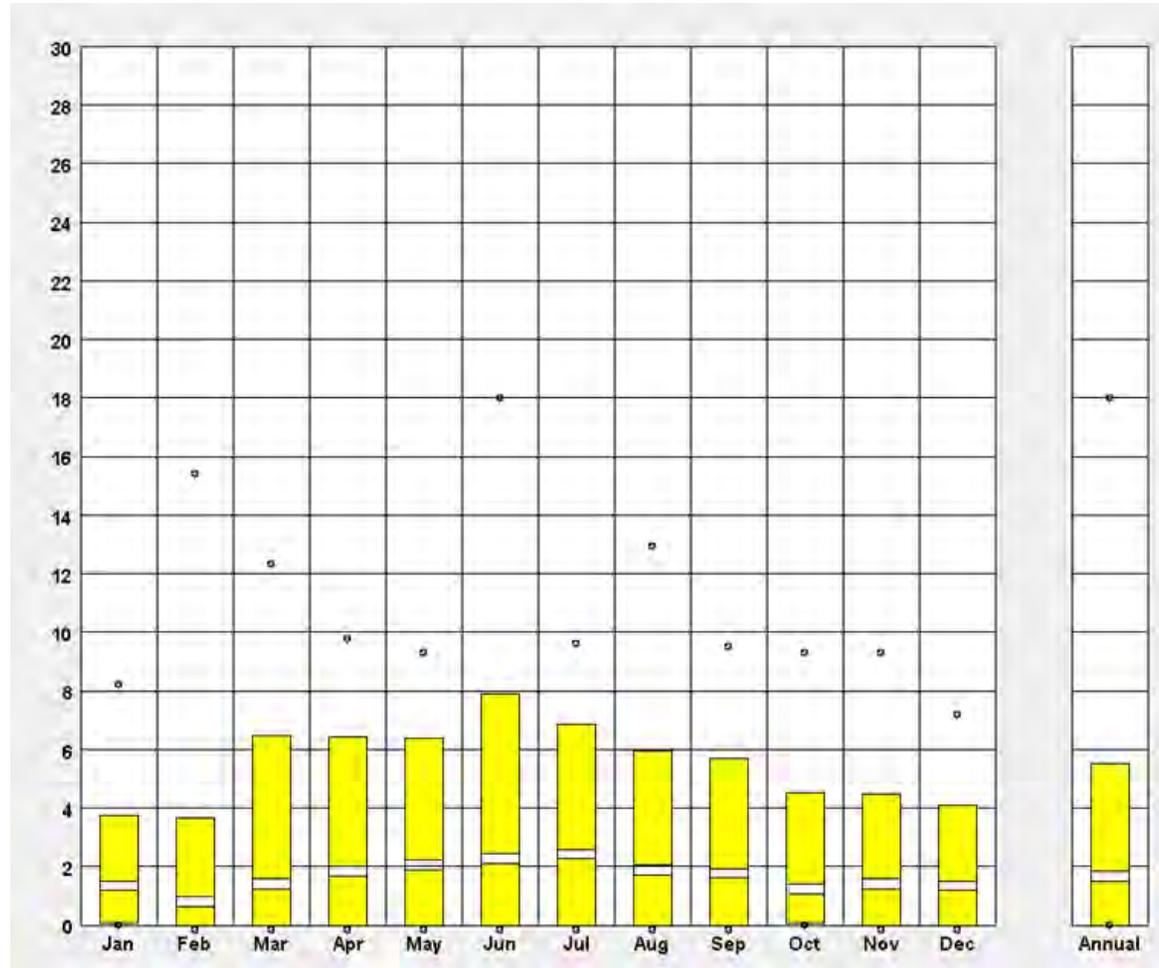
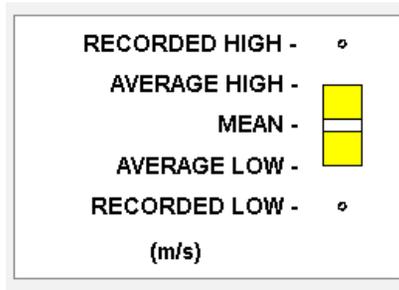


Gráfico 33 Rango de velocidades del viento, máximas, mínimas y promedio en el caso de estudio Fuente: Climate Consultain

La segunda grafica nos muestra las velocidades del viento, donde se registran velocidades promedio máximas de 8 m/s en junio, pero llegando a ráfagas máximas de 18 m/s en el mismo mes.

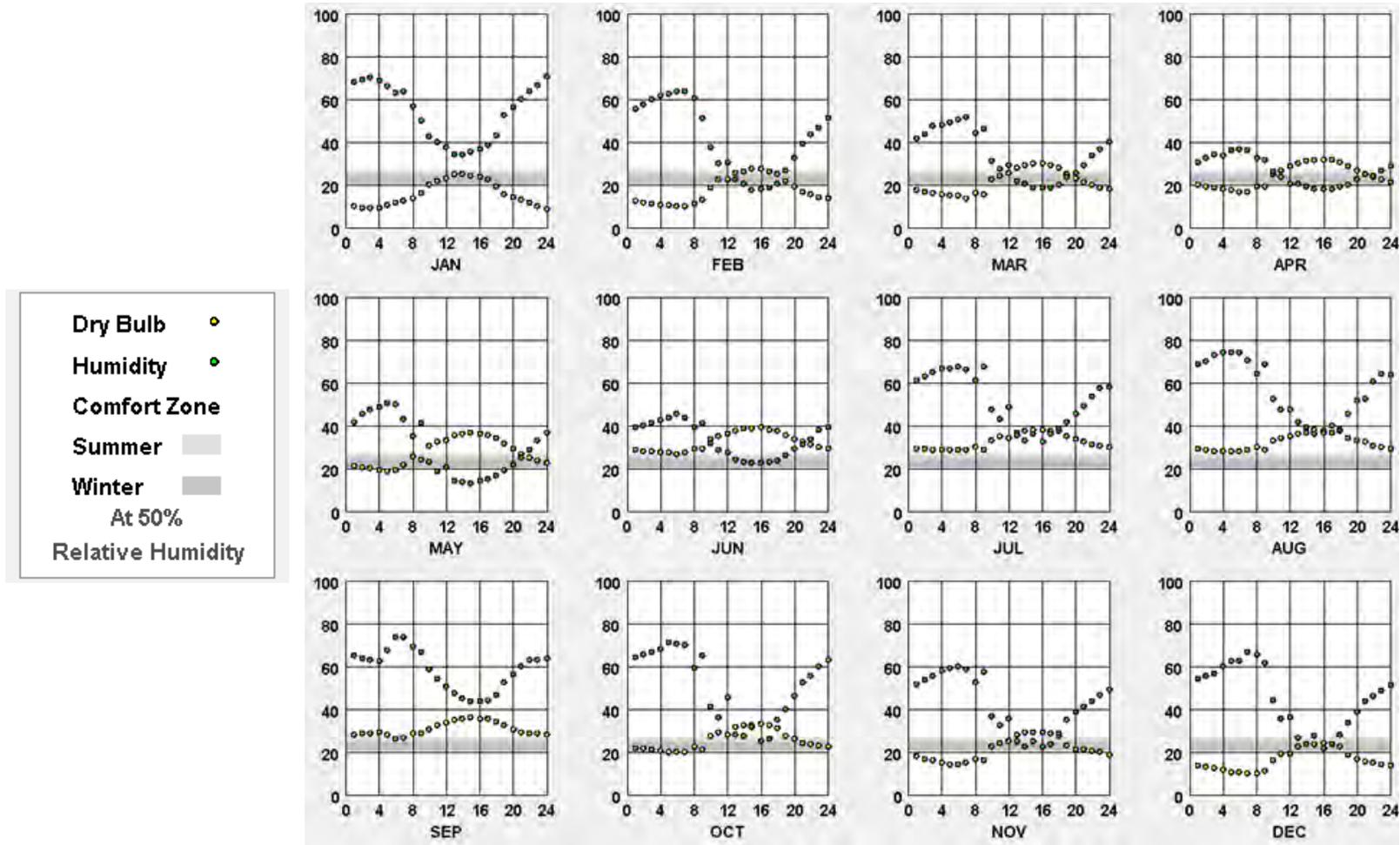


Gráfico 34 Temperatura de bulbo seco en relación con la humedad relativa del caso de estudio por mes Fuente: Climate Consultain

Por ultimo la serie de graficas por mes de temperatura de bulbo seco y la humedad relativa nos indica como a manera que la temperatura disminuye la humedad relativa aumenta y en consecuencia cuando la temperatura aumenta la humedad relativa disminuye, no de forma constante, pero se mantiene esta característica de las zonas áridas.



Gráfico 35 Diseño de las variables de confort para el sistema Fuente: Elaboración propia

Gracias a la interpretación de estas graficas se llegó a la organización de variables para el sistema de control térmico (Gráfico 28), donde se muestra como el sistema se mantendrá si se alteran las condiciones para el confort en base al recurso aire.

Es necesario mantener una temperatura de confort en el interior

para el ser humano de 24 a 27°C para verano. En caso de que la temperatura aumente se abrirá el mecanismo dado que la temperatura del viento debe ser de 24 a 27°C. En caso de ser correcto abra una circulación constante del aire, en caso de no ser posible el aire pasara a enfriamiento evaporativo.

Después de reducir su temperatura por enfriamiento evaporativo se hará una revisión de las velocidades, si la velocidad es menor de 3 – 10 m/s se aplicará un sistema mecánico para aumentar su velocidad, en caso de ser mayor, se reducirá su velocidad por bloqueo por área.

5.2 Elección de la forma

5.2.1 Flujo del aire

El viento es un fenómeno físico el cual es complicado de predecir, ya que influyen diversos factores. Existen modelos matemáticos capaces de estimar el comportamiento del viento en diferentes contextos, sin embargo, resulta difícil poder estimar todas las condiciones posibles en todo de una manera muy general, por lo cual normalmente es necesario limitar de manera local su comportamiento.

La ventaja es que la tecnología ha avanzado lo suficiente como para que estos modelos matemáticos puedan ser llevados a simulaciones virtuales, y lograr una aproximación de manera gráfica el comportamiento del viento.

El viento es afectado por la interacción con la forma de los cuerpos. Cuando choca frontalmente con un cuerpo perpendicular a la dirección del viento se crea una zona de alta presión, al contrario de las otras caras del

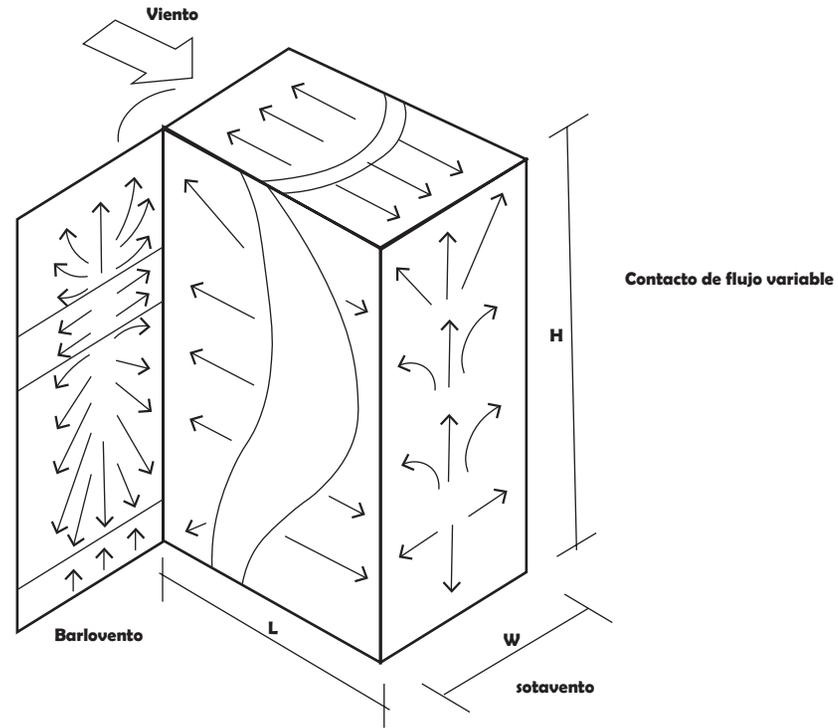


Gráfico 36 Influencia del flujo del aire sobre una forma ortogonal Fuente: Fuentes, V. & Rodríguez, M. (2004). Ventilación natural. Cálculos básicos para arquitectura. Ciudad de México: Editorial nopase, manipulación propia

cuerpo donde se crean zonas de baja presión o también llamadas sombra de viento.

Para entender el comportamiento del viento contra una superficie sólida como la forma de un cuerpo ortogonal, se realizó el siguiente esquema con las fuerzas que intervienen (Gráfico 29).

El viento que choca con la cara frontal recibirá una fuerza positiva relacionada a aproximadamente el 70% del área total de la cara, el restante escapará hacia los extremos teniendo uno de ellos el suelo donde se formará un efecto de vórtice. Las caras laterales y la superior se forma el mismo efecto

que la parte baja de la cara frontal y en la cara posterior se forma una sombra de viento que puede llegar a tener una longitud de hasta veinte veces la altura del edificio.

Los flujos del aire pueden ser muy complejos dependiendo de la forma del edificio. Las formas ortogonales son las menos convenientes ya que actúan como una barrera contra una fuerza, en cambio las superficies de curvatura logran manifestar ciertos efectos positivos en la conducción del viento.

Es necesario saber el comportamiento del viento, para poder llegar a la elección de la forma y materiales más convenientes para la propuesta. Para ello se llevaron a cabo experimentaciones virtuales en el software de dinámica de fluidos computacional ANSYS FLUENT (ver apéndice 1).

5.2.2 Forma

La experimentación previa ayudó al entendimiento de la energía sobre las superficies, la transferencia de calor y sus propiedades en el ambiente.

Para la elección de la superficie fueron necesarias tres condiciones:

- Reducir la incidencia solar sobre las superficies
- Generar un vórtice para aumentar la velocidad del fluido
- Por efecto termodinámico disminuir la temperatura del fluido.

Las nuevas tecnologías han permitido la experimentación con formas anteriormente investigadas por la física y las matemáticas, como es el caso de las superficies mínimas (Imagen 24). Estas logran manifestarse en la naturaleza y tienen propiedades relacionadas con la energía, sin embargo, no han sido estudiadas lo suficiente por la arquitectura.

Se le llama superficie mínima a aquella que conserva una curvatura media igual a cero en todos sus puntos, es decir que la suma de todas las curvaturas existentes en el espacio de la superficie tiene que ser igual a 0. Por lo tanto una superficie mínima es una superficie con curvatura gaussiana negativa⁵².

Algunas de estas superficies pueden ser creadas a partir de una curva frontera, aquella superficie que

52. Krivoshapko S. y Ivanov V. (2015). Encyclopedia of Analytical Surfaces. Suiza: Springer International Publishing

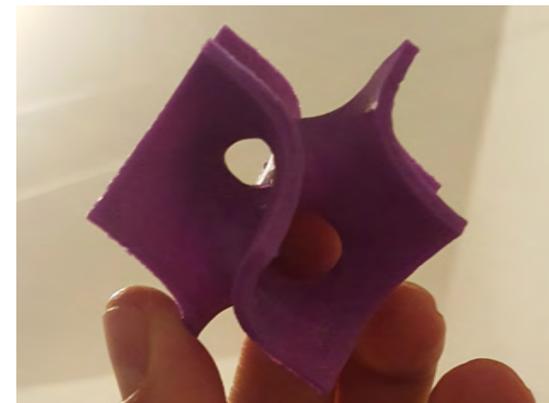


Imagen 24 Superficie mínima batwing impresión 3d
Fuente: Archivo propio

logre atravesar con una mínima área y una tensión superficial con máxima energía será la superficie mínima⁵³.

Gracias a estas tres condiciones la forma elegida fue la segunda superficie de Scherk (Gráfico 30), o también conocida como simplemente periódica. Llamada “Saddle Tower” a la unión de varias de estas superficies a manera de torre. Esta superficie fue descubierta por el matemático alemán Heinrich Scherk en 1834.

Consiste en la unión de planos ortogonales intersecados y una sucesión de túneles en alternadas direcciones lo que es de gran conveniencia para la redirección del aire. Además, una de sus propiedades es que es una “Isothermal minimal Surface” que se define a partir de líneas donde se conserva la misma cantidad de materia, lo que puede proporcionar una mejor transferencia de la energía calorífica.

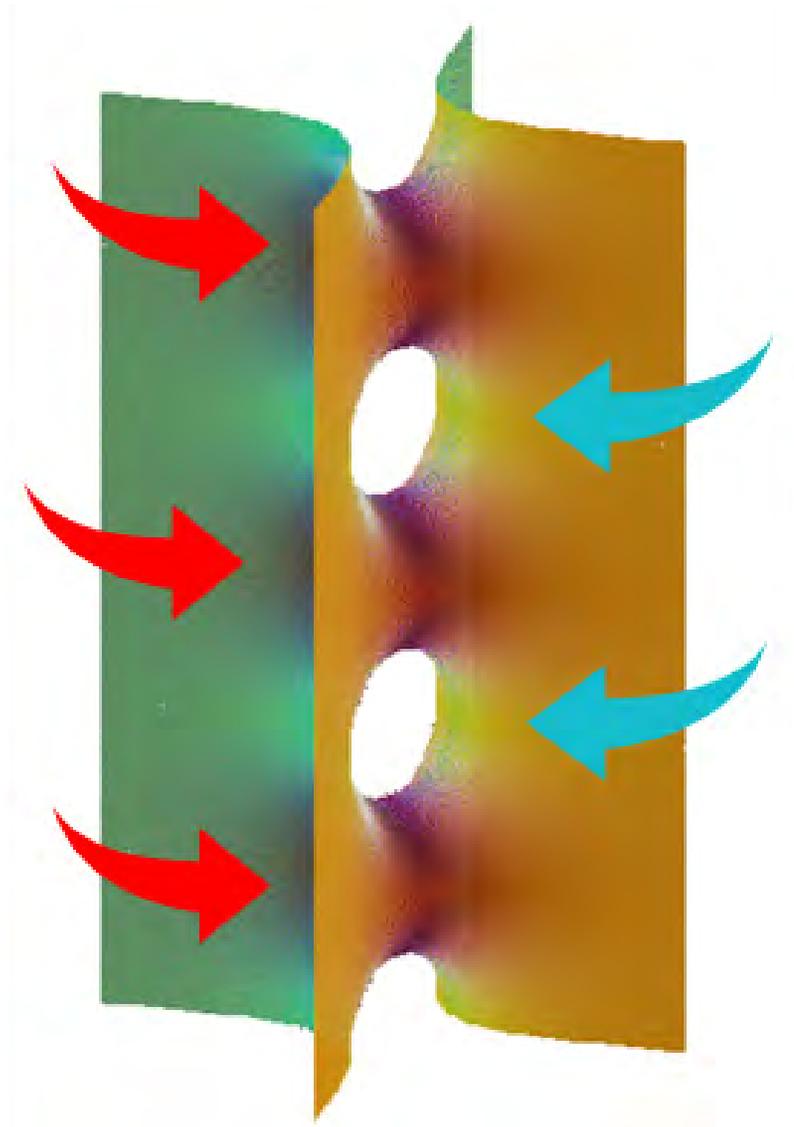


Gráfico 37 Segunda superficie de Scherk, saddle tower Fuente: Manipulación propia

53. Douglas Jesse. (1927). Solution of the problem of plateau. American Mathematical Society, 33, pag. 1.

5.2.3 Materiales



Imagen 25 Lana mineral Fuente: //es.123rf.com

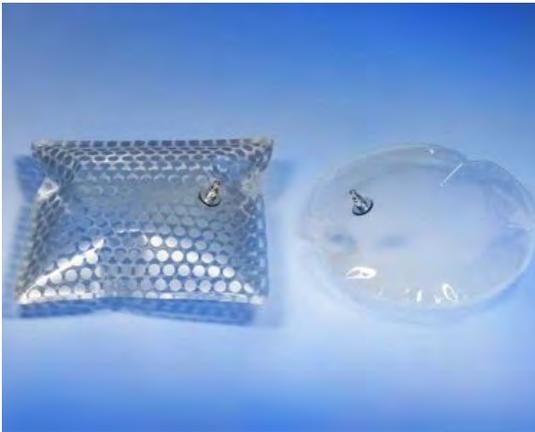


Imagen 26 Etileno TetraFlouroEtileno Fuente: //dearkitectura.blogspot.com

La elección de los materiales fue debido a dos condicionantes principales:

- Las propiedades térmicas de los mismos
- La interrelación con la manipulación de los materiales con la forma elegida.

Después de realizar un análisis de las propiedades térmicas de distintos materiales y su experimentación virtual en el software CFD ANSYS FLUENT (ver apéndice 1) se llegó a la decisión de utilizar los siguientes materiales:

- Etileno Tetrafluoro etileno (Imagen 26). Será utilizado para las paredes del cono que canalizará el aire al interior. Densidad de 1700 kg/m³, Calor específico de 2000 J/kg-k, conductividad térmica 0.238 w/m-k. Con dos milímetros de espesor, además por ser un elemento semi transparente consta de propiedades ópticas de absorptividad 0.448, 0.84 de infrarrojo y difuso de 0.607. Transmisividad 0.432,

infrarrojo de 0 y difuso de 0.3115.

- Fibra mineral (Imagen 25). La fibra mineral será utilizada como aislante para la protección solar en la prueba final. Densidad 240 Kg/m³, calor específico de 710 J/kg-K, conductividad térmica de 0.042 W/m-K. Al igual de las propiedades ópticas de absorptividad de 0.16 e infrarrojo de 0.93.

5.3 Modelado

5.3.1 Programación

El proceso de modelado comienza con la creación de curvas a partir de la parametrización de una ecuación.

Teniendo los valores para x, y, z como se muestran en la siguiente ecuación y utilizando un rango de $0 \leq \theta \leq 2\pi$; $0 \leq r \leq 1$ se procede a crear un sistema en el lenguaje de programación Python para poder generar la geometría en el software de modelado MAYA AUTODESK compatible con el lenguaje de programación a utilizar.

$$\begin{aligned}
 x &= x(r, \theta) = 2\text{Re} [\ln(1 + re^{i\theta}) - \ln(1 - re^{i\theta})] \\
 &= \ln \frac{1 + r^2 + 2r \cos \theta}{1 + r^2 - 2r \cos \theta}, \\
 y &= y(r, \theta) = \text{Re} [4i \arctan(re^{i\theta})] \\
 &= \ln \frac{1 + r^2 - 2r \sin \theta}{1 + r^2 + 2r \sin \theta}, \\
 z &= z(r, \theta) = \text{Re} \{ 2i [\ln(1 + r^2 e^{2i\theta}) - \ln(1 - r^2 e^{2i\theta})] \} \\
 &= 2 \arctan \frac{2r^2 \sin \theta}{r^4 - 1},
 \end{aligned}$$

5.3.2 Modelado MAYA AUTODESK

Para que el software de modelado MAYA AUTODESK pueda reconocer las indicaciones de la programación se debe abrir el script editor y en la ventana de Python escribir el código de programación realizado previamente con la ecuación.

Posterior a esto el software reproducirá una serie de curvas con base a las ecuaciones dadas logrando una superficie (Gráfico 31), sin embargo, es importante tener en cuenta que esta no es la pieza final del modelo a analizar, puesto que son sólo curvas dadas en un sistema de coordenadas polares.

A continuación, se indican una serie de pasos para transformar las curvas creadas a un sólido compatible con el software CFD ANSYS FLUENT para la experimentación. Primero transformar dichas curvas a una superficie con la

herramienta loft, después transformar de loft a polígonos y por último de polígonos a sólidos indicando un grosor.

A continuación, es necesario transformar dichas curvas a una superficie con loft, después transformar de loft a polígonos y por último ya teniendo polígonos exportamos la superficie al software Rhino y convertirla en un sólido (Gráfico 32).

Dentro de Rhino utilizaremos las herramientas de copy y mirror para reproducirla. Procedemos a realizar un dominio donde las condiciones solo se situarán en un volumen determinado para su análisis.

Considerando que debe ser solo fluidos extraemos la diferencia de forma. Creamos dos columnas como caída de agua que lograra un enfriamiento evaporativo para el modelo. Ya terminando la manipulación de la forma se continua con el análisis en un software CFD, Ansys Fluent.

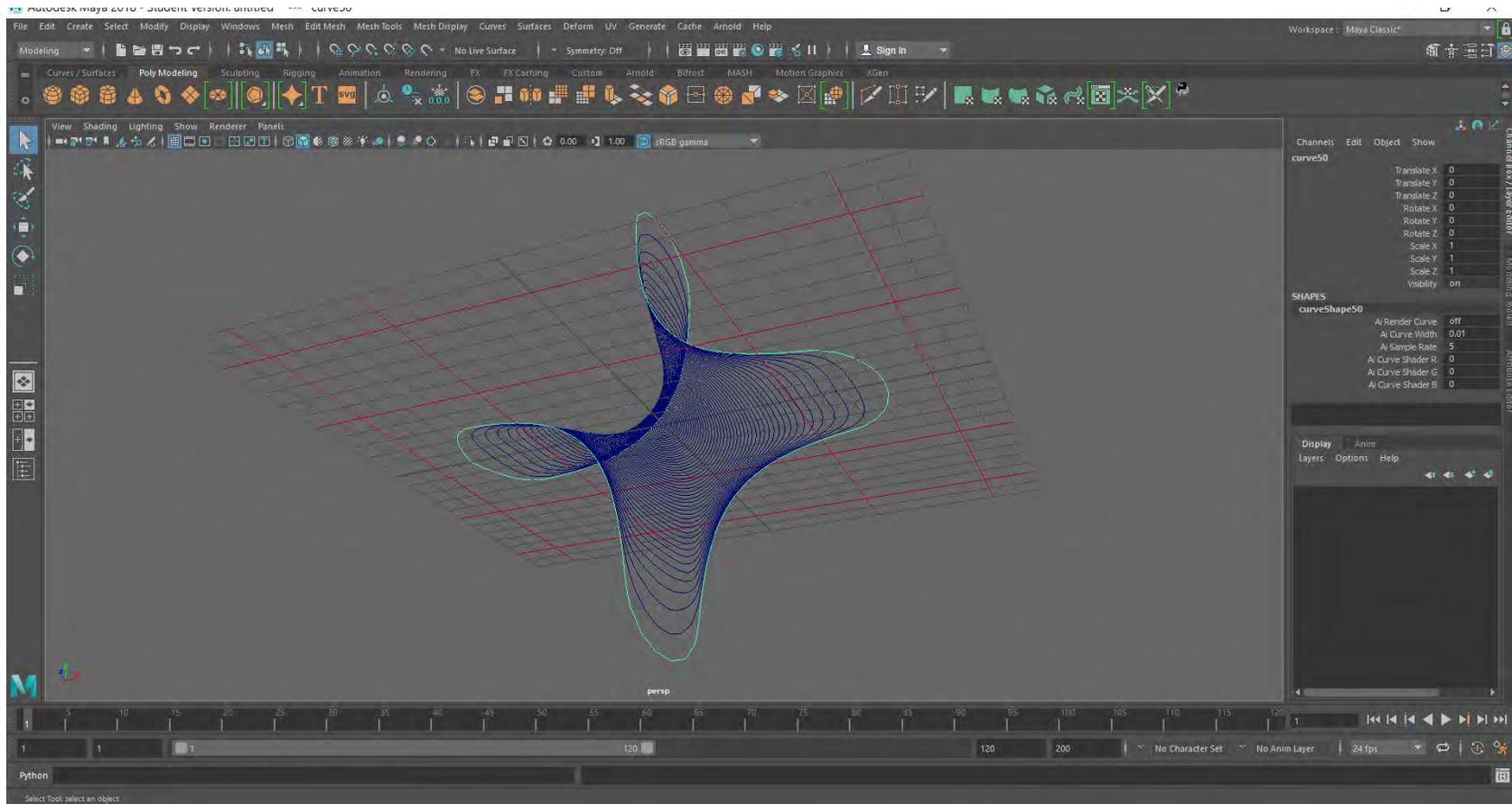


Gráfico 38 Captura de pantalla de segunda superficie de Scherk MAYA AUTODESK Fuente: Elaboración propia

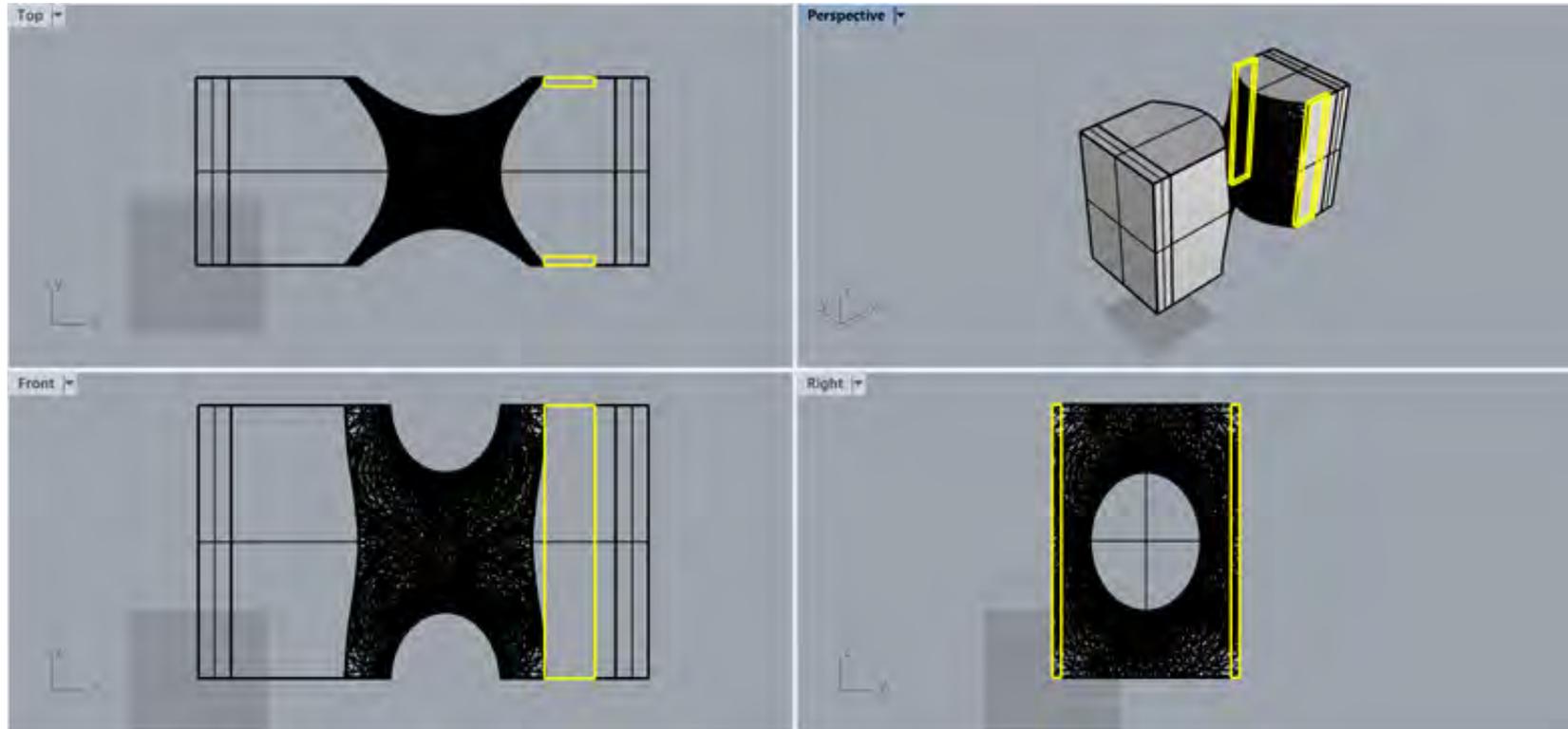


Gráfico 39 Captura de pantalla modelado de dominio en Rhino

5.4 Simulación de la propuesta

Se busca la aproximación del resultado final gracias a la teoría de elementos finitos y de subdominios por el software CFD ANSYS FLUENT. La simulación con este software fue realizada en el Laboratorio de Entornos Sostenibles (LES) de la UNAM.

A continuación, se explican las variables que se utilizaron dentro del software para la obtención de los objetivos solicitados. Donde se conocerán los modelos a utilizar en la simulación, las características térmicas y ópticas de los materiales y características de la localización del estudio.

Modelos empleados:

- Modelo Multifase. Esta opción nos permite analizar dos distintas interfases, dos fluidos diferentes en intercambio de energía. Para ello se indican las fases tal y como se muestran en el siguiente Gráfico (33 y 34) como:

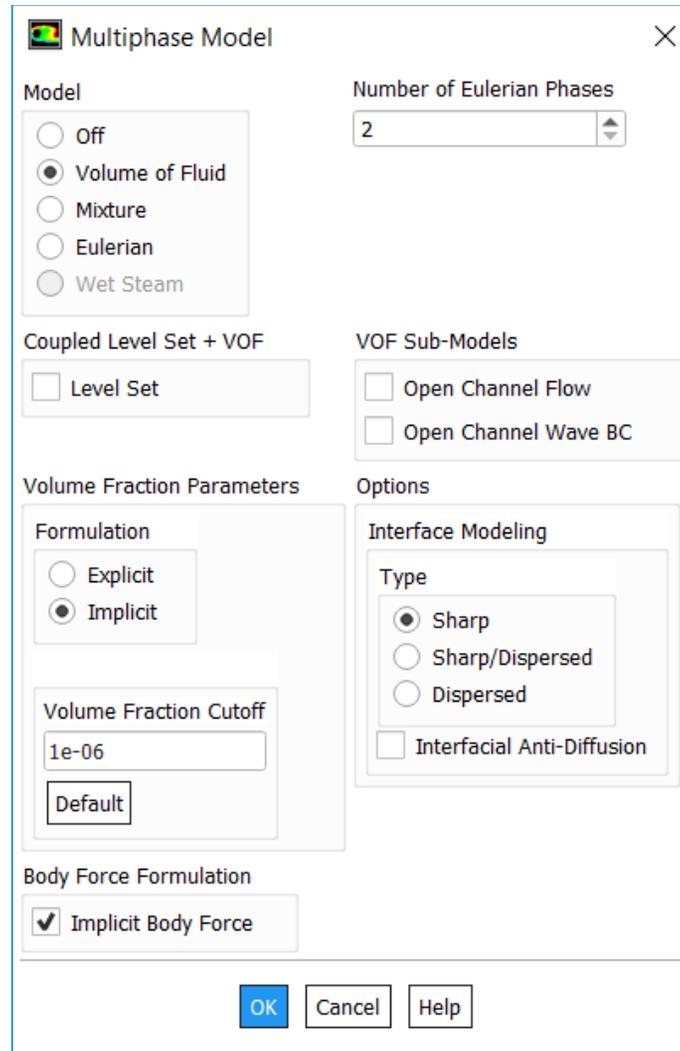


Gráfico 40 Captura de pantalla modelo multifase en Ansys Fluent

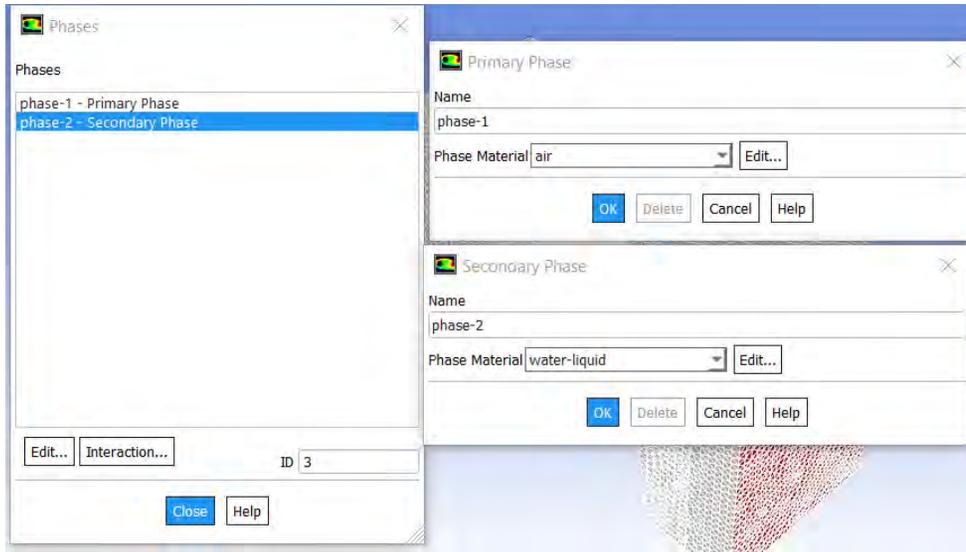


Gráfico 41 Captura de pantalla modelo multifase aire y agua en Ansys Fluent

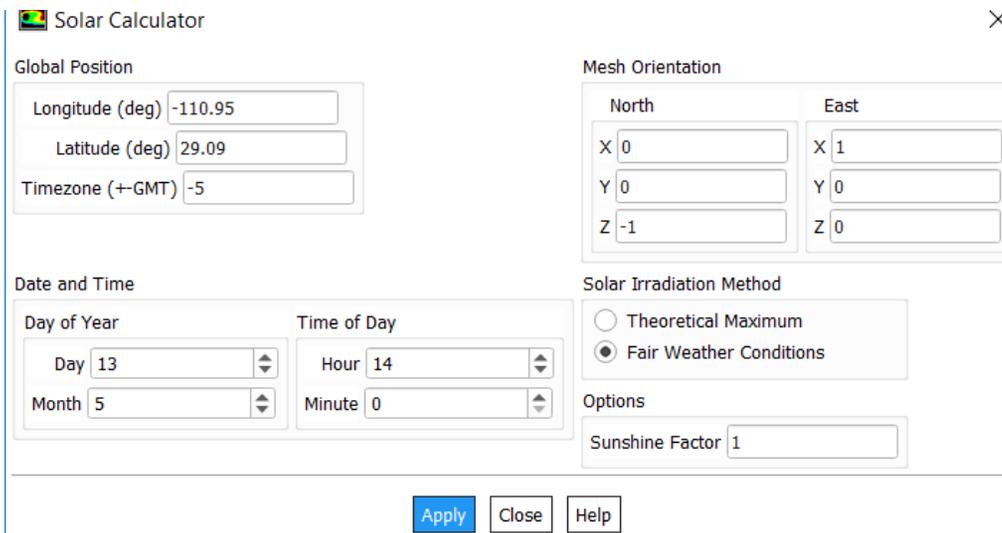


Gráfico 42 Captura de pantalla calculadora solar con coordenadas de Hermosillo, Sonora en Ansys Fluent

Interfase 1 aire, Interface 2 agua.

• Ecuación de la energía. Es necesario aplicarla porque analizaremos transferencia de energía a través de fluidos.

• Modelo de viscosidad K-épsilon, realizable con tratamiento de pared mejorado.

• Radiación solar superficie a superficie, con el rastreo de rayos solares; para esto es necesario ejecutar la calculadora solar para introducir los parámetros de ubicación (longitud, latitud, huso horario, hora, día y mes de la localización) (Gráfico 35).

La localización es en Hermosillo, Sonora (longitud -110.95, latitud 29.09) en un día 13 de mayo a las 14 horas. El modelo se sitúa con una orientación de entrada de ventilación hacia el poniente.

Materiales:

Posteriormente de las variantes en los modelos se llevó a la elección

y caracterización de los materiales a utilizar, donde se deben introducir las propiedades térmicas además de las propiedades ópticas de los materiales.

Se utilizaron dos materiales donde los resultados serán sometidos a comparación de ambos casos. Cada uno de ellos tiene propiedades distintas pero muy parecidas, sobre todo favorables para la construcción y manipulación de la propuesta de forma geométrica.

- Caso 1: Etileno Tetrafluoro etileno (ETFE). Densidad de 1700 kg/m³, Calor específico de 2000 J/kg-K, conductividad térmica 0.238 w/m-k. Con dos milímetros de espesor, además por ser un elemento semi transparente consta de propiedades ópticas de absortividad 0.

- Caso 2: Policloruro de Vinilo (PVC). Densidad de 1400 kg/m³, calor específico de 1250 J/kg-K, conductividad térmica 0.25 w/m-k. Con dos milímetros de espesor, es un elemento opaco que

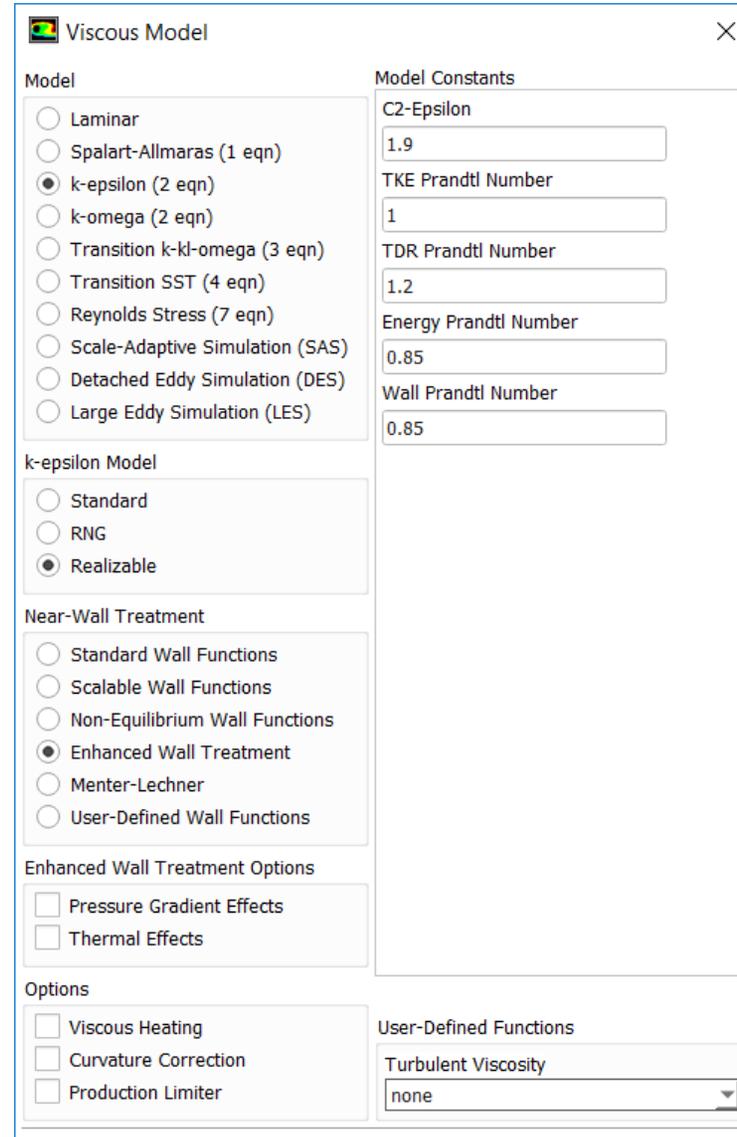


Gráfico 43 Captura de pantalla modelo de viscosidad K epsilon en Ansys Fluent

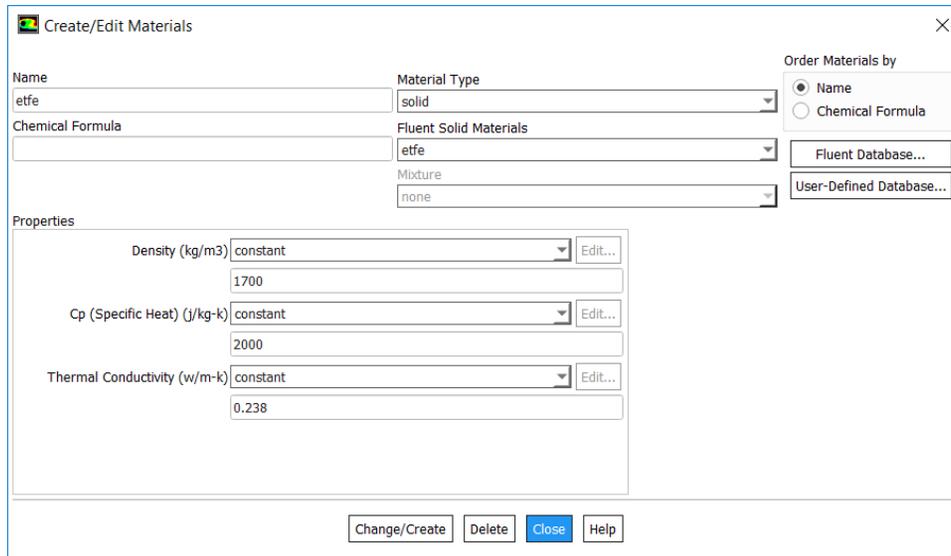


Gráfico 44 Captura de pantalla caracterización de materiales ETFE en Ansys Fluent

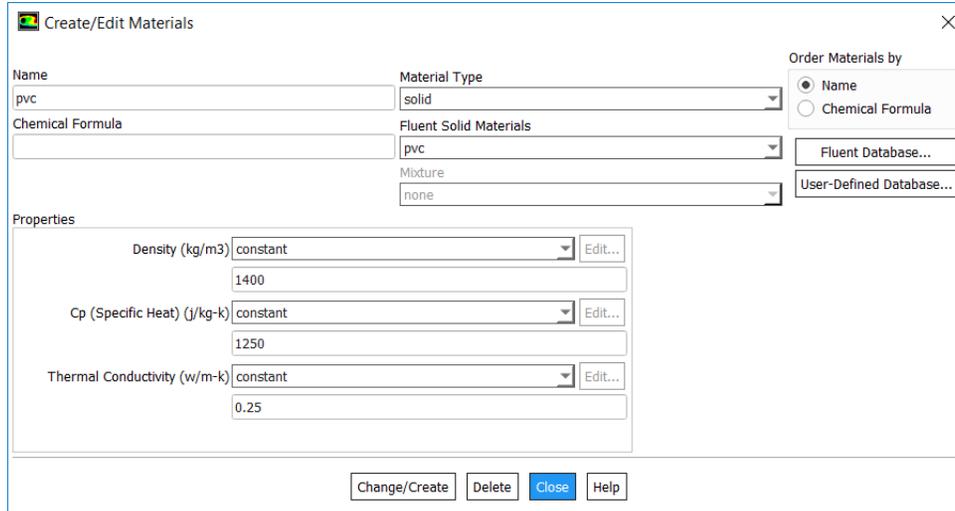


Gráfico 45 Captura de pantalla caracterización de materiales PVC en Ansys Fluent

consta de una absorptividad IR de 0.96.

El siguiente paso es determinar las condiciones de frontera, especificando las entradas como entradas de velocidad e indicando sus características:

Fase 1 Aire:

- Velocidad 11 m/s velocidad promedio del lugar Hermosillo, Sonora a analizar en el mes de mayo.

- Temperatura de 313.15 K, temperatura estimada promedio en grados Kelvin de Hermosillo, Sonora para el mes de mayo a las 14 horas.

Fase 2 Agua líquida:

- Velocidad de 3 m/s estimando la caída por columna de agua.

- Temperatura de 288.15 K, Temperatura estimada promedio en grados Kelvin del agua directamente tomada de la instalación hidráulica.

Las salidas deben de estar indicadas como salidas de presión, sin modificar los datos ya que son desconocidos hasta

obtener los resultados. A continuación, se activan las condiciones de frontera donde todas las condiciones térmicas serán adiabáticas facilitando el cálculo, a excepción de las paredes con el material a analizar, donde activamos las condiciones térmicas por convección ya que es en relación con el flujo del aire y la temperatura.

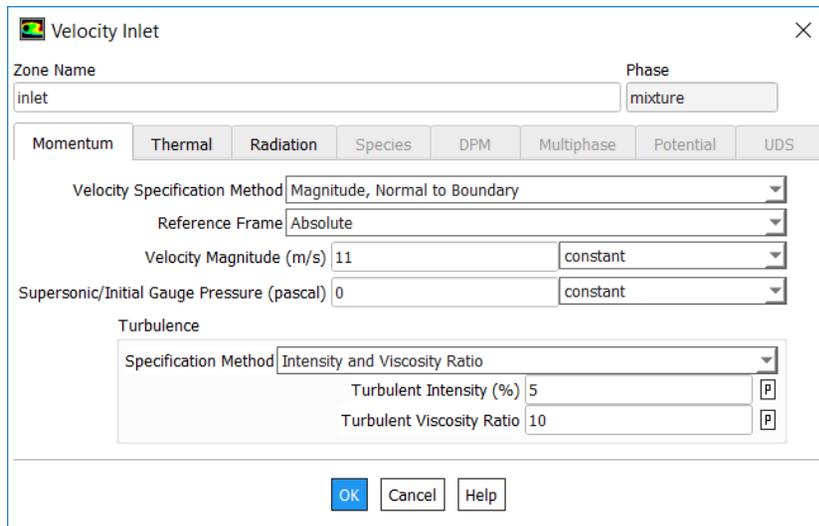


Gráfico 46 Captura de pantalla velocidad de entrada de aire en Ansys Fluent

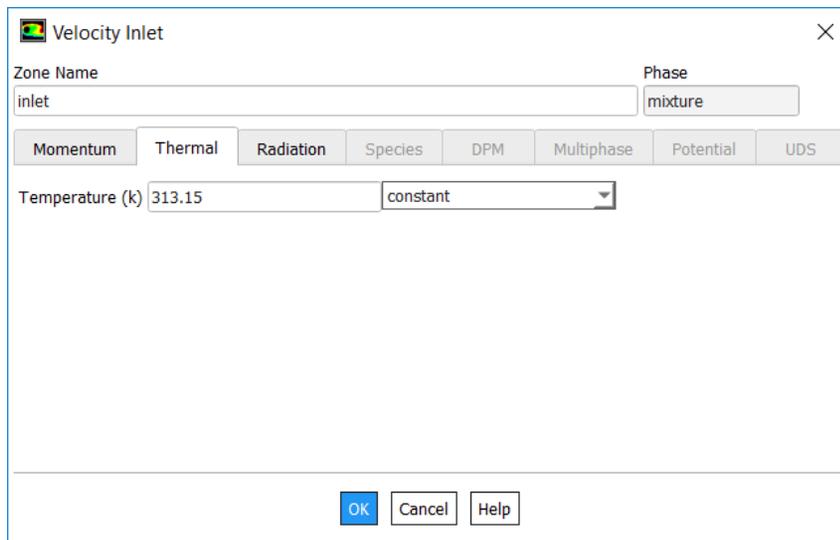


Gráfico 47 Captura de pantalla temperatura de entrada de aire en Ansys Fluent

Los resultados son traducidos en CFD post, con una gráfica de colores falsos donde se expresa una aproximación al fenómeno real dependiendo de las variables que se indiquen a analizar. En nuestro caso solo es de interés analizar la temperatura y la velocidad del viento.

Para comenzar analizaremos por separado los dos casos de materiales, primero el caso con material ETFE observando las gráficas de velocidad del viento y siguiendo con las temperaturas en ese orden, continuando con el material PVC en el orden antes citado.

Caso 1 ETFE.

La siguiente gráfica muestra el cambio de velocidad del aire entrante, hasta la salida de presión, esta indicada por medio de colores que varían de una escala de 0 a 56 m/s de velocidad del viento. La velocidad máxima es generada en el cuello de la geometría, aumentando considerablemente su

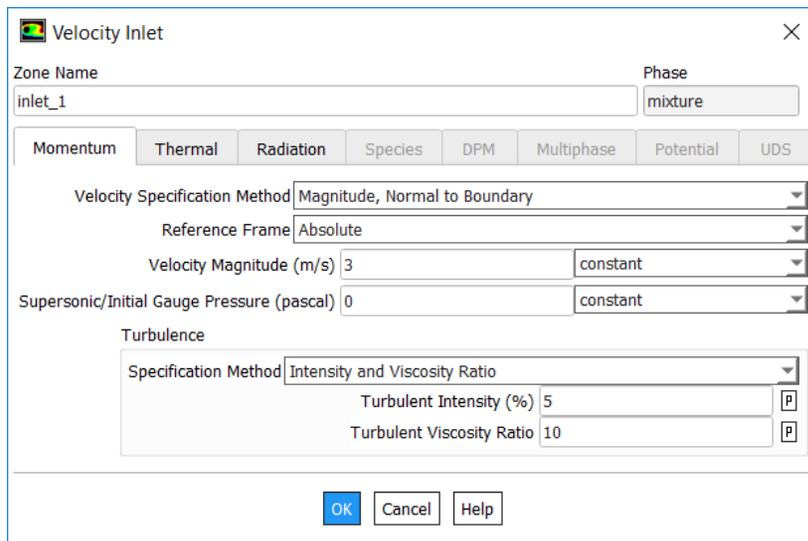


Gráfico 48 Captura de pantalla velocidad de entrada de agua en Ansys Fluent

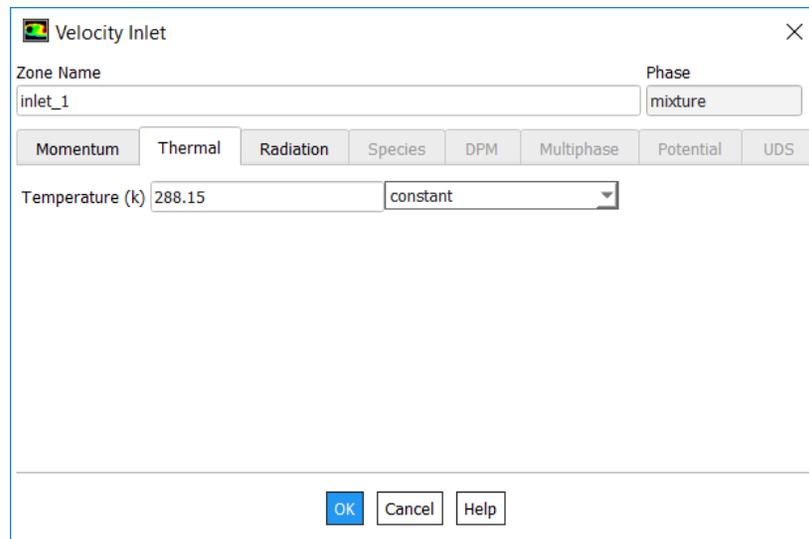


Gráfico 49 Captura de pantalla temperatura de entrada de agua en Ansys Fluent

velocidad aproximadamente a 42 m/s.

En la salida de presión se observa como el fluido se concentra en el centro, la distribución de las velocidades se vuelve mas uniforme a medida que se aleja de la salida de aire. Con velocidades de 28 m/s.

Se puede observar en las siguientes imágenes como el dominio interpreta los resultados por medio de colores indicando así las temperaturas, en una escala de 322.23 K a 288.2 K.

La radiación solar influye directamente al material semitransparente, pero sin embargo la geometría por si sola logra mantener la temperatura impidiendo el paso excesivo de energía calorífica al viento quedando atrapada en las paredes del material ETFE. Inclusive la temperatura disminuye un poco antes de entrar en contacto con la fase 2 agua líquida.

Cuando el fluido de la fase 1 aire logra establecer contacto con el fluido de la fase 2 agua en movimiento

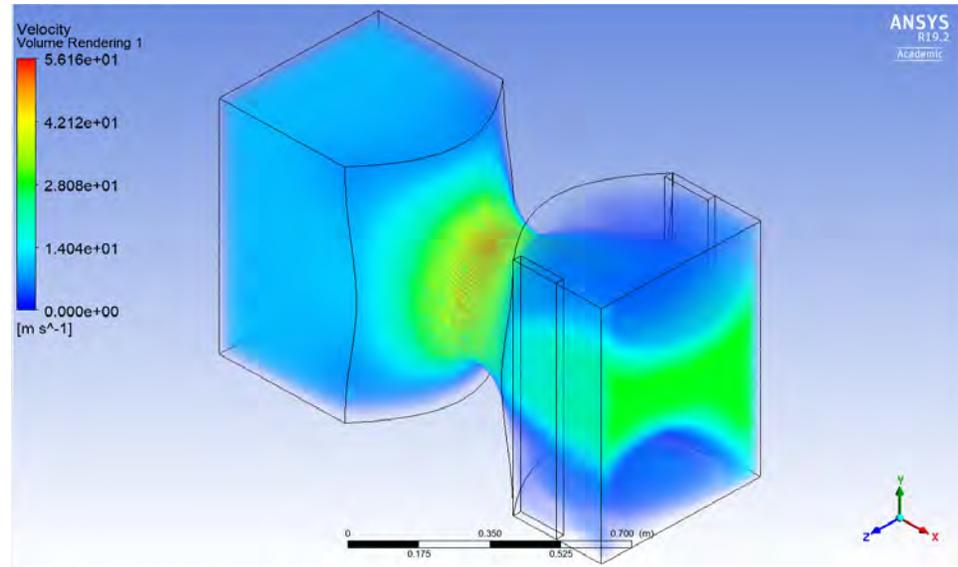


Gráfico 50 Captura de pantalla resultado velocidad del aire caso 1 en Ansys Fluent

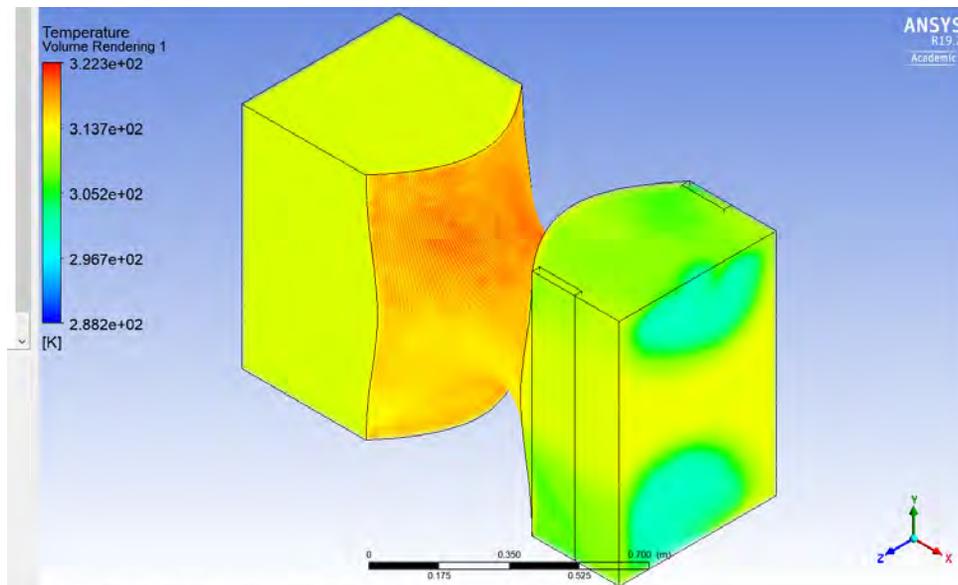


Gráfico 51 Captura de pantalla resultado temperatura del aire caso 1 en Ansys Fluent

por caída, existe un intercambio de energía donde comienza a disminuir la temperatura del aire llegando hasta los 296.7 K.

CASO 2 PVC.

Al compararla con la gráfica del primer caso con material ETFE, la siguiente no parece tener mucha diferencia, esto es predecible puesto que la forma es la principal causante del cambio de la velocidad del aire.

El único cambio notable es la escala de colores, que ahora tenemos como máximo en color rojo a 56.15 m/s de velocidad a diferencia de 56.16 m/s. Esto nos está indicando que el segundo factor que afecta directamente a la velocidad del aire no existe mucha diferencia con el cambio de material, pero sin embargo hay una diferencia. Este factor es la temperatura.

El PVC a pesar de ser un material con características térmicas inferiores a su comparativo material ETFE, mantiene una temperatura menor

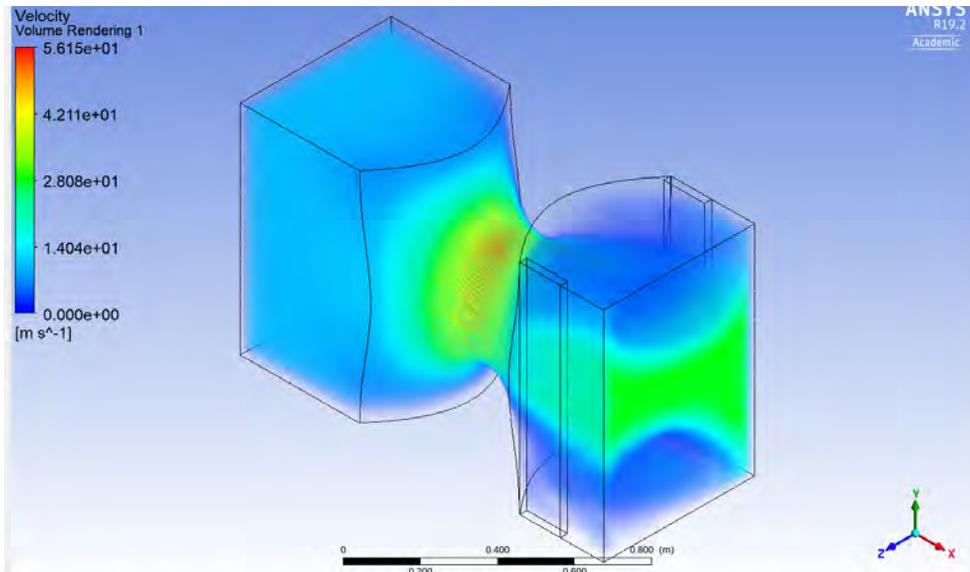


Gráfico 52 Captura de pantalla resultado velocidad del aire caso 2 en Ansys Fluent

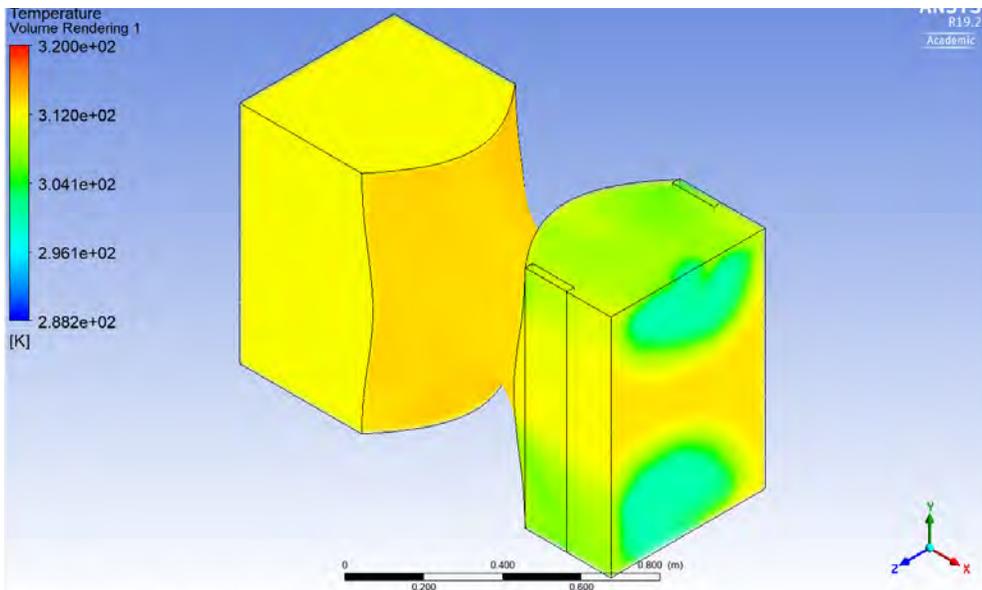


Gráfico 53 Captura de pantalla resultado temperatura del aire caso 2 en Ansys Fluent

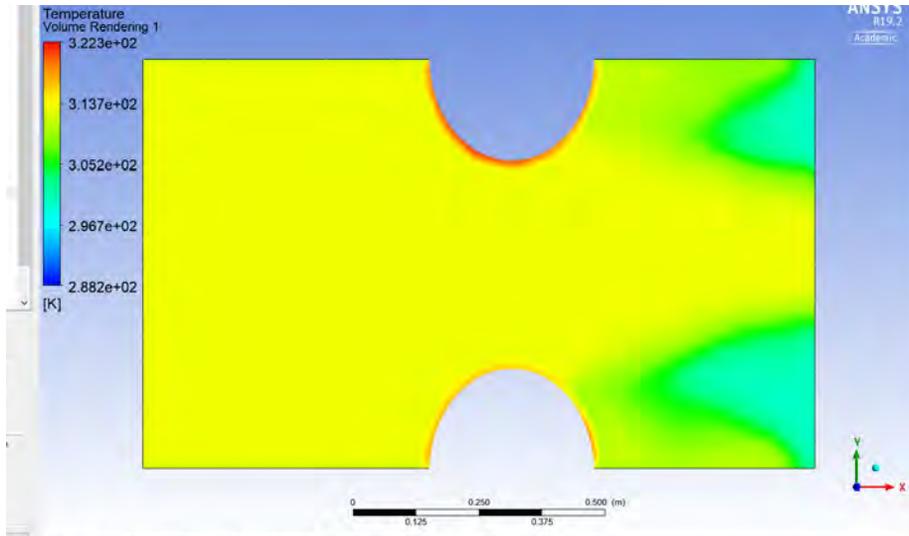


Gráfico 54 Captura de pantalla resultado temperatura del aire caso 1 en Ansys Fluent

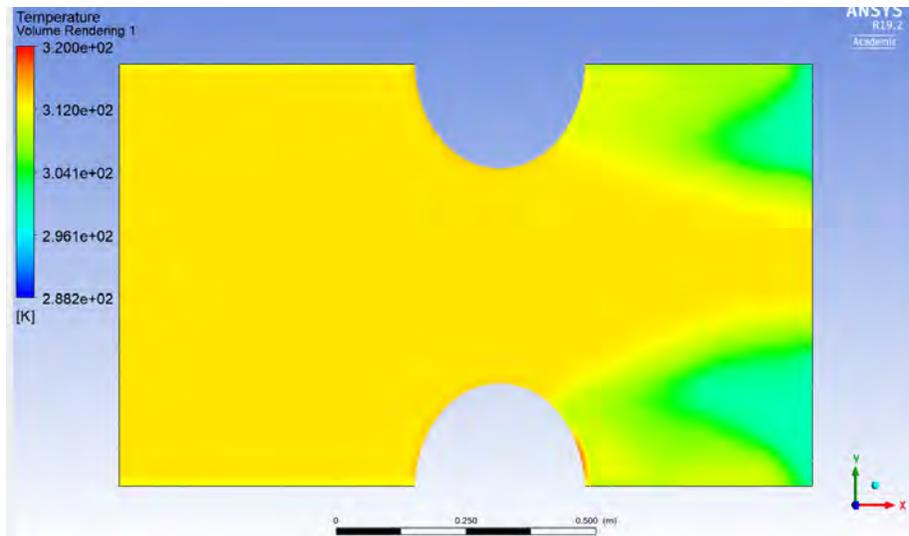


Gráfico 55 Captura de pantalla resultado temperatura del aire caso 2 en Ansys Fluent

que primer caso, ya que, a diferencia de ser un material semitransparente, este es un material opaco, por lo que la temperatura del vórtice no es afectada considerablemente por la radiación solar.

El resultado de esta y otras experimentaciones virtuales con diseños y casos diferentes se llega a la afirmación de que son diversos los factores que influyen directamente en la adaptación del clima y sus recursos.

- La primera condición que influye es la orientación, dependiendo de esta la incidencia solar llegara sobre las superficies a analizar y afectara a la temperatura del fluido. Además, es indispensable para el buen diseño de la forma y elección de los materiales.

- La segunda es el diseño de la forma, dependiendo de lo que queramos lograr es indispensable conocer las propiedades del flujo de aire para poder diseñar.

- La siguiente condición fue la elección de los materiales, si bien es bueno elegirlos dependiendo de la construcción de formas, también por hay que tener consideración de las propiedades térmicas y ópticas que puedan afectar al efecto que queremos

lograr.

- Por último, es necesario considerar las afectaciones o errores que se puedan presentar, consideraciones externas como protecciones solares para reducir la incidencia sobre las superficies del canalizador del aire al interior.

En conclusión, el resultado de las gráficas de colores falsos agrego a que las formas donde se generen un flujo turbulento afectasen a la velocidad del fluido.

Las ventajas al utilizar el material del caso 1 ETFE es que podemos tener una relación con el espacio exterior al utilizarla en envolventes por sus características ópticas. La desventaja es que para que todas las propiedades térmicas y ópticas de este material se aprovechen mejor es necesario tener un sistema de ventilación justo en medio de dos paredes del mismo material.

La opción más factible es el material

del caso 2 PVC, sus propiedades ópticas del material opaco ayudan a disipar la radiación solar. Además de ser un material más accesible en el mercado.

Además, otro dato importante fue la observación del cambio de temperatura donde influye la forma. Una distancia estable desde la aplicación del sistema de enfriamiento evaporativo hasta la salida del dominio ayudara a que las temperaturas se distribuyan mejor.

5.5 Propuesta de sistema de adaptación térmica

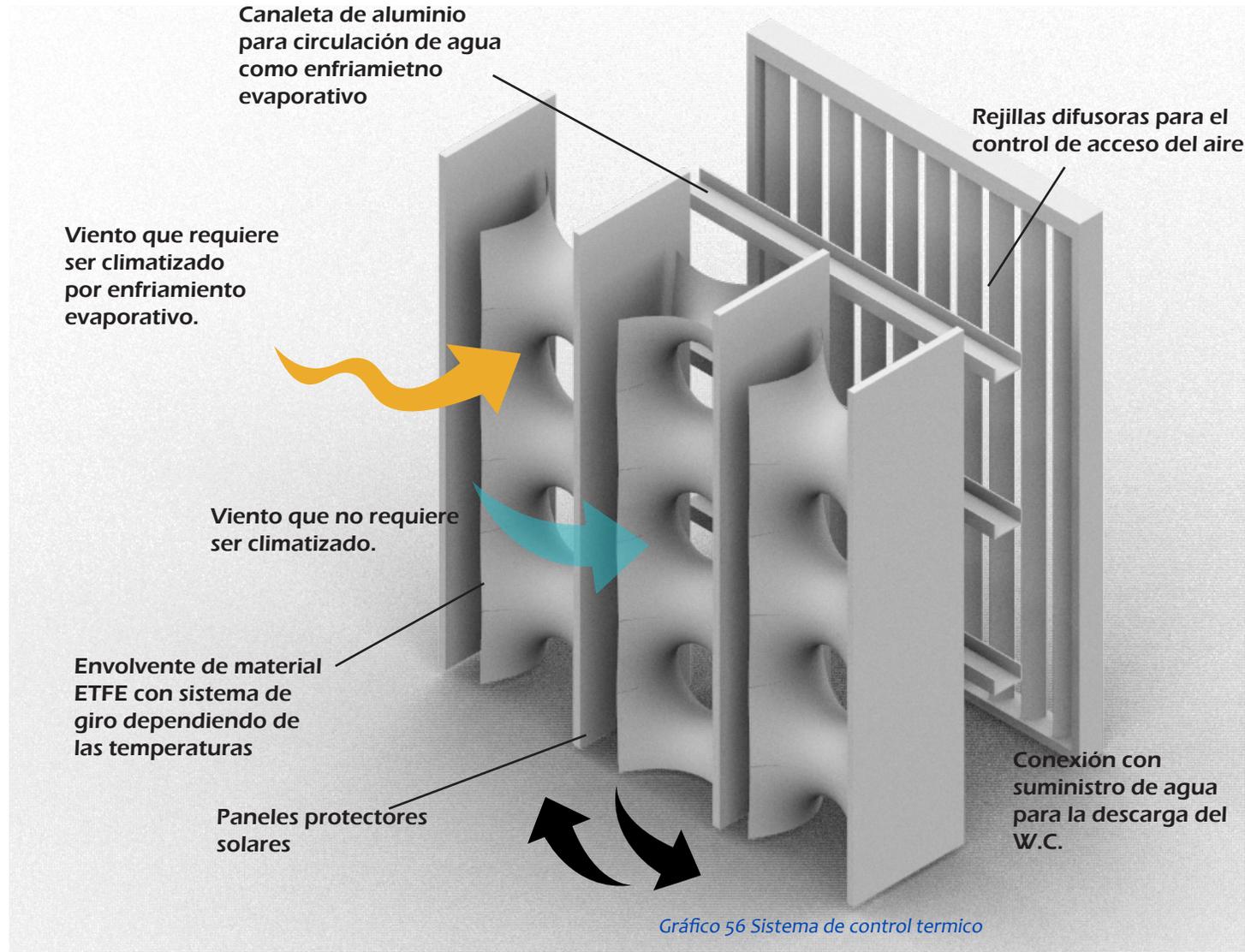




Gráfico 57 Propuesta de sistema de adaptación térmica en envoltente de un edificio

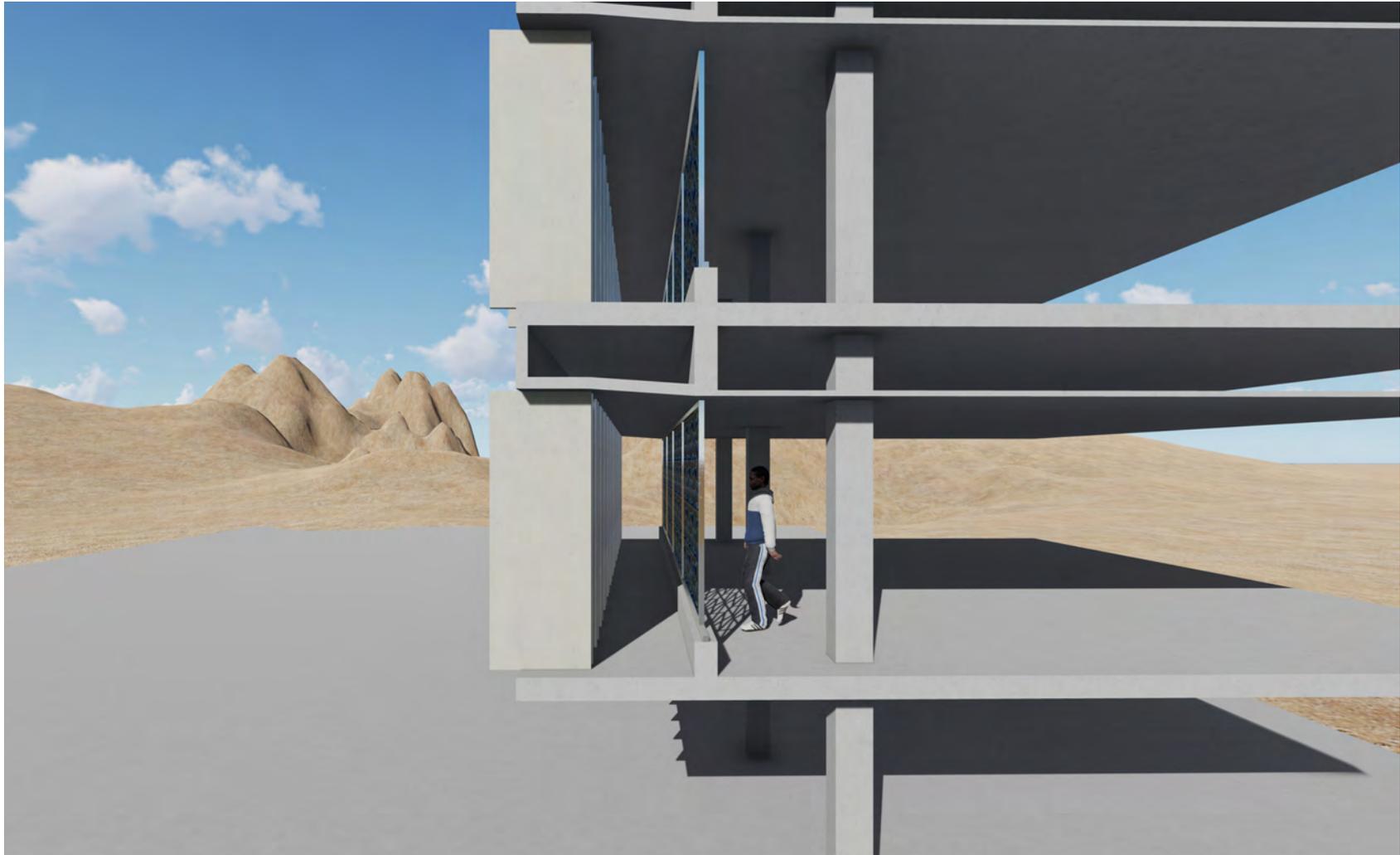


Gráfico 58 Propuesta de sistema de adaptación térmica en envolvente de un edificio, vista en corte

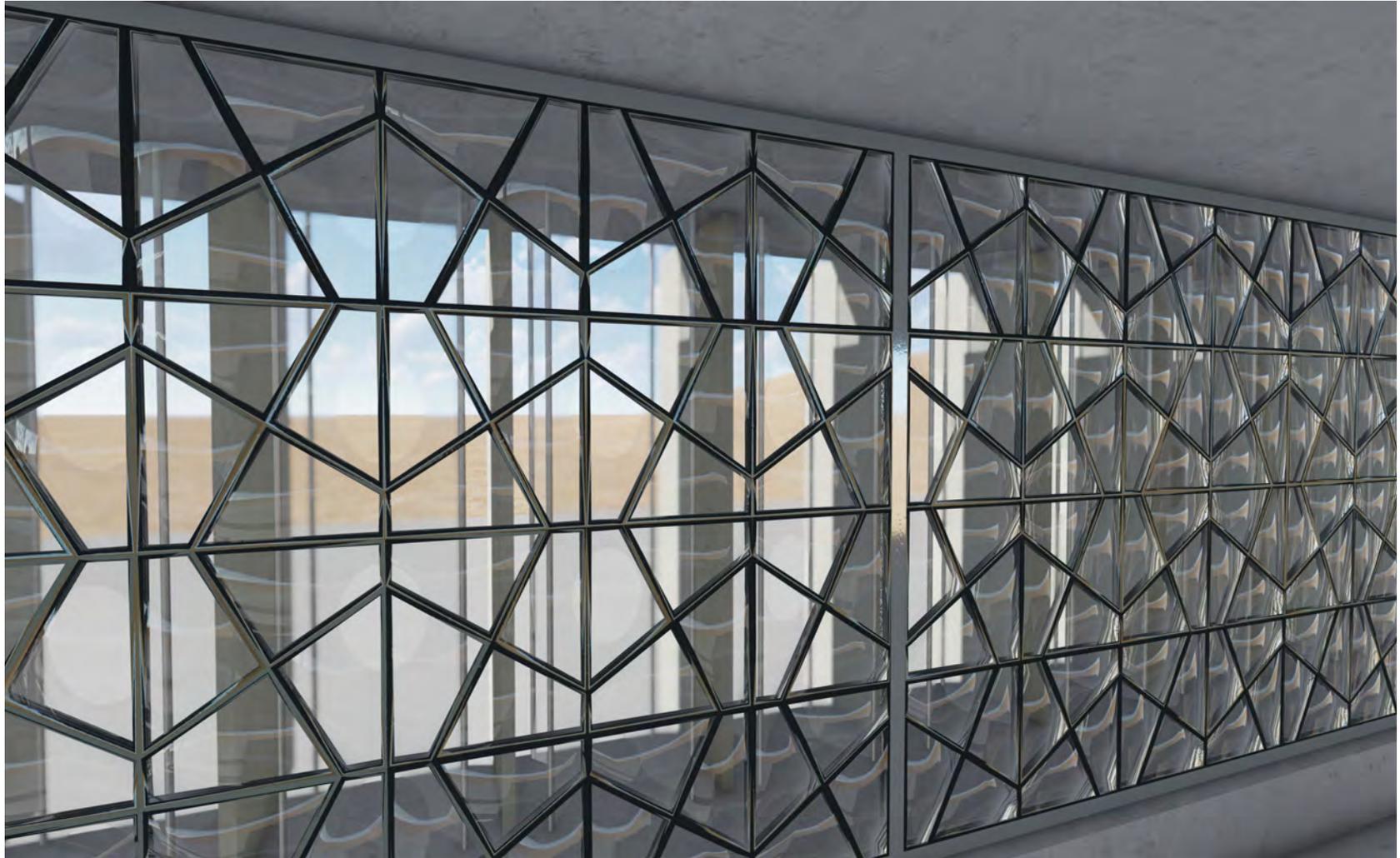


Gráfico 59 Propuesta de sistema de adaptación térmica en envolvente de un edificio vista desde el interior

Conclusiones

Después de realizar el trabajo de investigación se puede reflexionar que, un sistema de adaptación térmica no logrará brindar una solución a las condiciones del clima, tal y como se tenía contemplado con la hipótesis inicial.

Es necesario reconocer que los factores climatológicos que afectan a las zonas áridas no son un problema que se deba resolver. Son situaciones que independientemente de la arquitectura siempre existirán.

Por otro lado la aceptación de mostrar a la arquitectura como parte de un sistema complejo interactuando con los factores climáticos se logró desarrollar una propuesta que redujo la temperatura del objeto arquitectónico considerablemente.

La manera en la que entendemos el concepto de habitar quizás sea la

clave para la búsqueda de adaptación a los factores climatológicos del medio. Debemos cuestionarnos nuestra formación en la disciplina de la arquitectura para no llegar a la linealidad del conocimiento.

Conceptos como la forma sigue a la función o la función sigue a la forma han llegado a tener sentido según la filosofía del ser humano en diversas etapas de la historia, pero la evolución del pensamiento y entendimiento del hombre como parte de un todo nos lleva a la interacción y aprovechamiento de la energía del medio ambiente que nos rodea como parte de un sistema complejo.

El concepto de diseño como punto de partida más allá de un medio de inspiración para resolver características formales, puede llevarnos a la exploración entre los límites con otras disciplinas. La investigación transdisciplinar nos permitirá buscar la interacción entre forma, materiales,

función y otras características que pueden ser resueltas desde un enfoque complejo.

La biomimesis o biomimética por ejemplo busca imitar como las entidades biológicas interactúan con el medio ambiente a partir del estudio a una escala nano de sus procesos, estructuras, materiales, formas, etc. y ha logrado la innovación tecnológica en problemas actuales⁵⁴.

Otro ejemplo es el diseño generativo que a partir de algoritmos busca la evolución de los sistemas de diseño, que en algunos casos son inalcanzables por el razonamiento humano⁵⁵.

Si queremos adaptarnos al medio es necesario un cambio en la manera que entendemos el concepto de habitar explorando otras formas de diseñar a partir de la transdisciplinariedad.

54. Bhushan, B. (2012). *Biomimetics Bioinspired Hierarchical-Structured Surfaces*. Columbus: Springer.

55. Agkathidis, A. (2015). *Generative Design*. Londres: Laurence King Publishing

Bibliografía

- Addis, B. (2007). 3000 años de Diseño, ingeniería y construcción. Londres
- Agkathidis, A. (2015). Generative Design. Londres: Laurence King Publishing
- Ahmadkhani, M. (2011). Wind Catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular Architecture. International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering”, 3, 130-137.
- Arellano, A. (2018). Hermosillo tiene 300% menos de áreas verdes. 13 de noviembre del 2018, de Proyecto puente Sitio web: proyectopuente.com.mx
- Arancibia, C. (2014) . Con la radiación solar que recibe el 1 % de Sonora se podría generar energía suficiente para todo el país
- Bhushan, B. (2012). Biomimetics Bioinspired Hierarchical-Structured Surfaces. Columbus: Springer
- Bioconstrucción y Energía Alternativa. (2017). Sistemas activos y pasivos, la combinación más eficiente en la proyección de espacios. Abril 2018, de Revista Mundo HVAC&R Sitio web: <https://www.mundohvacr.com.mx/2015/11/sistemas-activos-y-pasivos-la-combinacion-mas-eficiente-en-la-proyeccion-de-espacios/>
- Brittle, J. (2017). Passive system integration for office buildings in hot climates, tesis doctoral, Loughborough University.
- Campbell, N. (1996). Biology, 4th Edition. Menlo Park, California. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
- Carpenter, J. y Sánchez, G. (2013). Los cambios ambientales del holoceno medio/ holoceno tardío en el desierto de Sonora y sus implicaciones en la diversificación del yuto-azteca y la difusión del maíz. Dialogo Andino, 41, 199-210.
- Carrier corporativo. (2016). Los creadores del primer A/C de la historia. Recuperado el 5 de octubre del 2018, de Carrier Sitio web: carrier.com.mx/corporativo/
- Chávez, F. (2002). Zona variable de confort térmico (Tesis de doctorado). UPC. Barcelona

- Comisión Europea. (2018). Energy Performance of Buildings. 25 de noviembre del 2018, de European Commission Sitio web: [/ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings](http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings)
- CONAGUA. (2017). Temperaturas máximas y mínimas promedio a nivel nacional por entidad federativa. recuperado el 13 de mayo del 2018, de Comisión nacional del agua Sitio web: <http://smn.cna.gob.mx/>
- Definición de Desierto. Real academia española. Rescatado noviembre 2017
- Definición de Sistema. Real academia española. Rescatado noviembre 2017
- Douglas. J. (1927). Solution of the problem of plateau. American Mathematical Society, 33
- Fanger, P. (1973) Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company, New York
- Flores, M. (2011). Las zonas áridas y semiáridas de México, las menos exploradas, del Instituto de Biología UNAM, Sitio web: dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2011_763.html
- Frejo, J. (2012) Fundamentos del enfriamiento evaporativo para instalaciones. España. Magaer Munter
- Fuentes, V. y Rodríguez, M. (2004). *Ventilación natural. Cálculos básicos para arquitectura* . Ciudad de México: Editorial nopase.
- Godoy, A. (2012). Confort térmico adaptativo (Tesis de maestría). UPC. Cataluña
- Guyton, A. (2016). Fisiología médica. Barcelona: Elsevier
- Hernández, R. , Fernández, C. y Baptista L. (2014). Metodología de la investigación 6ta edición, México, Editorial Mc Graw – Hill
- Holland, J. (1995). Hidden Order. How adaptation build complexity 1995. Estados Unidos
- Koolhaas, R. (2011). Mutaciones. Estados Unidos: editorial ACTAR
- Koolhaas, R. (2014). Acerca de la ciudad (2014). Barcelona: Gustavo Gili
- Krivoshapko, S. y Ivanov V. (2015). Encyclopedia of Analytical Surfaces. Suiza: Springer International Publishing

- Leon, P. (1982). Investigaciones etnolingüísticas entre hablantes de náhuatl y de otras lenguas yuto-aztecas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Ludwig, B. (1968). Teoría general de los sistemas. Nueva York: George Braziller.
- Marshall, S. , NASA/GSFC, Shindell, NASA/GISS y M. O'Carroll, NASA/GSFC. NASA - What's the Difference Between Weather and Climate? (2005). Estados Unidos. NASA Sitio web: nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html
- Moctezuma, J. (2013). Los pueblos indígenas del noroeste. Atlas etnográfico. México. Conaculta.
- Mosquera, J. (2007). Arquitectura y complejidad. Colombia, Universidad de Pamplona.
- Moya G. (2017). Envolvente Cinética, Tesis de Maestría en Arquitectura . Ciudad de México: UNAM.
- Norma ISO 7730. Ergonomics of the thermal environment. International Organization for Standardization. Suiza 2005.
- Olgyay V. (1962). *Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton: University Press
- Österreicher, D. (2016). Climate adaptive architecture in desert regions. Vienna Austria, Institute for structural Engineering, Sustainable Constructions.
- Pelayo, C y Escalante, M. (2001). Geografía, segunda edición. Mexico : Santillana.
- Programa de Arquitectura de la Universidad de Sonora. (2010). Estudios sobre Arquitectura y Urbanismo en el Desierto. Hermosillo, México.
- Rolle, K. (2006). Termodinámica. México: Pearson.
- Scheebart, P. (1998). Arquitectura de cristal. Barcelona: Murcia.
- Spedding. (1979). An Introduction to Agricultural System. Londres: Applied Science Publishers.
- Suggs, A. (2016). Passive Cooling Strategies for buildings in Utah tesis de arquitectura, University of Utah.
- Taleb, H. (2014). Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in U.A.E. buildings, Dubai U.A.E., Facultad de ingeniería en la Universidad Británica de Dubai.

- Vefik, A. (1991). Vernacular Climate Control in Desert Architecture, Dhahran, Arabia Saudita, College of Environmental Design, University of Petroleum and Minerals.
- Whitman, W. y Johnson, W. (2011). Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado tomo I. Madrid España. Paraninfo.

Graficos

Grafico 1. Esquematación de sistema de control térmico Fuente: Elaboración propia	22
Gráfico 2 Temperatura media radiante Fuente: Elaboración propia	25
Gráfico 3 Temperatura equivalente Fuente: Elaboración propia	26
Gráfico 4 Relación entre clima, factores climáticos y elementos Fuente: Elaboración propia	28
Gráfico 5 Clasificación climática de Koppen para la República Mexicana. Fuente: INEGI	29
Gráfico 6 Medición de temperatura. Fuente: Elaboración propia	30
Gráfico 7 Diferencia entre Convección, Conducción y Radiación Fuente: Elaboración propia	31
Gráfico 8 Efecto de Coriolis en el aire Elaboración propia	33
Gráfico 9 Circulación general de la atmosfera en aires fríos y aires secos Fuente: //tiempo.com	34
Gráfico 10 Diagrama de Givoni Fuente: Elaboración propia	36
Gráfico 11: Sistemas de acondicionamiento activo, son aquellos que requieren de energía eléctrica para poder realizar su tarea. Fuente: Elaboración propia	43
Gráfico 12: Sistemas de acondicionamiento pasivo, son aquellos que la energía requerida es suministrada por los recursos brindados por el medio ambiente. Fuente: Elaboración propia.	43
Gráfico 13: Sistemas de acondicionamiento mixto, se trata de aquellos que combinan las estrategias pasivas y activas para optimizar el uso de la energía y tener mayor eficiencia en sus tareas. Fuente: Elaboración propia.	43

Gráfico 14: Shower Tower sistema de enfriamiento pasivo Fuente: Elaboración propia	45
Gráfico 15: Funcionamiento de torre en clima cálido seco. Fuente: Wind Catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular Architecture	46
Gráfico 16: Funcionamiento de torre en clima cálido húmedo. Fuente: Wind Catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular Architecture	46
Gráfico 17 y 18: Orientación de las torres, arriba Bandar Lengeh (cálido húmedo), abajo Yazd (cálido seco) Fuente: Wind Catcher: Passive and low energy cooling system in Iranian vernacular Architecture	47
Gráfico 19 Torres de viento utilizadas en regiones árabes Fuente: Elaboración propia	48
Gráfico 20 Prototipo de envolvente cinética Fuente: Moya G. (2017). Envolvente Cinética, Tesis de Maestría en Arquitectura . Ciudad de México: UNAM.	50
Gráfico 21 Raíces de las lenguas indígenas del noroeste Fuente: Elaboración propia	59
Gráfico 22 Línea del tiempo de los posibles sucesos que marcaron los cambios en las sociedades del noroeste Fuente: Elaboración propia	60
Gráfico 23 Formación de sociedades indígenas Fuente: Moctezuma Zamarron. Los pueblos indígenas del noroeste. Manipulación propia	61
Gráfico 24 Tradiciones Arqueológicas de Sonora Fuente: Moctezuma Zamarron. Los pueblos indígenas del noroeste. Manipulación propia	62
Gráfico 25 Sistemas de aislamiento comunes, insulpanel, steelboard y foamboard. Fuente: Fanosa	79
Gráfico 26 Planta arquitectónica de una vivienda actual en la ciudad de Hermosillo, Sonora Fuente: Inmobiliaria Elga	83
Gráfico 27 Publicidad sobre los beneficios de productos con aislante térmico Fuente: Fanosa	83

Gráfico 28 Radiación Solar absorbida por la tierra Fuente: Elaboración propia	84
Gráfico 29 Circulación de aire normal Fuente: Elaboración propia	87
Gráfico 30 Efecto de Inversion termica Fuente: Elaboración propia	87
Gráfico 31 Esquematzación de la propuesta Fuente: Elaboración propia	91
Gráfico 32 Rango de temperaturas, máximas, mínimas y promedio en el caso de estudio Fuente: Climate Consultain	93
Gráfico 33 Rango de velocidades del viento, máximas, mínimas y promedio en el caso de estudio Fuente: Climate Consultain	94
Gráfico 34 Temperatura de bulbo seco en relación con la humedad relativa del caso de estudio por mes Fuente: Climate Consultain	95
Gráfico 35 Diseño de las variables de confort para el sistema Fuente: Elaboración propia	96
Gráfico 36 Influencia del flujo del aire sobre una forma ortogonal Fuente: Fuentes, V. & Rodríguez, M. (2004). Ventilación natural. Cálculos básicos para arquitectura. Ciudad de México: Editorial nopase, manipulalción propia	97
Gráfico 37 Segunda superficie de Scherk, saddle tower Fuente: Manipulación propia	99
Gráfico 38 Captura de pantalla de segunda superficie de Scherk MAYA AUTODESK Fuente: Elaboración propia	102
Gráfico 39 Captura de pantalla modelado de dominio en Rhino	103
Gráfico 40 Captura de pantalla modelo multifase en Ansys Fluent	104
Gráfico 41 Captura de pantalla modelo multifase aire y agua en Ansys Fluent	105
Gráfico 42 Captura de pantalla calculadora solar con coordenadas de Hermosillo, Sonora en Ansys Fluent	105
Gráfico 43 Captura de pantalla modelo de viscosidad K epsilon en Ansys Fluent	106
Gráfico 44 Captura de pantalla caracterización de materiales ETFE en Ansys Fluent	107

Gráfico 45 Captura de pantalla caracterización de materiales PVC en Ansys Fluent	107
Gráfico 46 Captura de pantalla velocidad de entrada de aire en Ansys Fluent	108
Gráfico 47 Captura de pantalla temperatura de entrada de aire en Ansys Fluent	108
Gráfico 48 Captura de pantalla velocidad de entrada de agua en Ansys Fluent	109
Gráfico 49 Captura de pantalla temperatura de entrada de agua en Ansys Fluent	109
Gráfico 50 Captura de pantalla resultado velocidad del aire caso 1 en Ansys Fluent	110
Gráfico 51 Captura de pantalla resultado temperatura del aire caso 1 en Ansys Fluent	110
Gráfico 52 Captura de pantalla resultado velocidad del aire caso 2 en Ansys Fluent	111
Gráfico 53 Captura de pantalla resultado temperatura del aire caso 2 en Ansys Fluent	111
Gráfico 54 Captura de pantalla resultado temperatura del aire caso 1 en Ansys Fluent	112
Gráfico 55 Captura de pantalla resultado temperatura del aire caso 2 en Ansys Fluent	112
Gráfico 56 Sistema de control termico	114
Gráfico 57 Propuesta de sistema de adaptación térmica en envolvente de un edificio	115
Gráfico 58 Propuesta de sistema de adaptación térmica en envolvente de un edificio, vista en corte	116
Gráfico 59 Propuesta de sistema de adaptación térmica en envolvente de un edificio vista desde el interior	117
Gráfico E1 Diagrama conceptual CFD	129

Imágenes

Imagen 1 Soluciones arquitectónicas frente a condiciones ambientales. Castillo de Montezuma (superior)	
Fuente: http://viajes.elpais.com.uy . Torre de Hermosillo (enmedio) Fuente: Instagram Hermosillocity y Central de ciclo combinado agua prieta (abajo) Fuente: Archivo propio.	15
Imagen 2 Talliesin West Frank Lloyd Wright cuerpo de agua como sistema de enfriamiento pasivo	48
Fuente: Archivo propio	48
Imagen 3 Formaciones de dunas de yeso, Coahuila Fuente: Archivo propio	55
Imagen 4 Isla del Tiburón, Desierto Costero Fuente: Archivo propio	57
Imagen 5 Cerro del Quemado, San Luis Potosí, Desierto continental Fuente: Archivo propio	57
Imagen 6 Desierto de Sonora Fuente: Archivo propio	58
Imagen 7 Zona arqueológica de trincheras Fuente: //mexicoescultura.com	63
Imagen 8 Representación de la vivienda Tohono O'odham en el Jardín Botánico de Phoenix Arizona	
Fuente: Archivo propio	64
Imagen 9 Representación de la cocina Tohono O'odham en el Jardín Botánico de Phoenix Arizona	
Fuente: Archivo propio	64
Imagen 10 Representación de la ramada Tohono O'odham en el Jardín Botánico de Phoenix Arizona	
Fuente: Archivo propio	65
Imagen 11 Terrazas en Zona arqueológica de trincheras Fuente: //milenio.com	65
Imagen 12 Castillo de Montezuma, Arizona, Estados Unidos. Fuente: //elpais.com.uy	68
Imagen 13 Edificio Larkin de Frank Lloyd Wright 1905 Fuente: La arquitectura del entorno bien climatizado.	71

Imagen 14 Edificio Larkin, planta arquitectónica Fuente: La arquitectura del entorno bien climatizado.	71
Imagen 15 Edificio Larkin detalle de climatización. Fuente: La arquitectura del entorno bien climatizado.	71
Imagen 16 Edificio Millam Bulding, primer edificio en tener aire acondicionado por completo Fuente: //texashillcountry.com	72
Imagen 17 Sección del edificio donde se percibe el falso techo Fuente: //texashillcountry.com	72
Imagen 18 Publicidad de aire acondicionado, años treintas Fuente: Archivo de revistas //arquitectura.unam.mx	73
Imagen 19 Publicidad de aire acondicionado Carrier Fuente: Archivo de revistas //arquitectura.unam.mx	74
Imagen 20 Torre de Hermosillo ejemplo de soluciones arquitectónicas frente a situaciones climáticas Fuente: Instagram Hermosillocity	78
Imagen 21 Los portales, Álamos, Sonora Fuente: Archivo propio	80
Imagen 22 Centro historico de la ciudad de Hermosillo a las 14:00 horas Fuente: Archivo Propio	81
Imagen 23 Centro historico de la ciudad de Hermosillo a las 19:00 horas Fuente: Archivo Propio	81
Imagen 24 Superficie minima batwing impresion 3d Fuente: Archivo propio	98
Imagen 25 Lana mineral Fuente: //es.123rf.com	100
Imagen 26 Etileno TetraFlouroEtileno Fuente: //dearkitectura.blogspot.com	100
Imagen E1 Forma de las cactaceas	130
Imagen E2 Localizaciòn de la ciudad de Hermosillo	131

Imagen E3 Mallado de la forma	131
Imagen E4 Caracterización del material ETFE	132
Imagen E5 Caracterización de la fibra natural	133
Imagen E6 Parametros del viento	134
Imagen E7 Cambio de variables a segundo orden	135
Imagen E8 Añadiendo las condiciones tèrmicas por convección	135
Imagen E9 Resultados de velocidades del viento en m/s	136
Imagen E10 Resultados de emperaturas en Kelvin	136
Imagen E11 Protecciones solares de fibra natural	137
Imagen E12 Resultados de temperaturas en Kelvin segunda prueba	137
Imagen E13 Resultados de velocidades del viento en m/s segunda prueba	137

Siglas

1. **SAA** **Sistemas de acondicionamiento activo**
2. **SAP** **Sistemas de acondicionamiento pasivo**
3. **EE** **Enfriamiento evaporativo**
4. **STA** **Sistema de temperaturas absolutas**
5. **SMD** **Sistema metrico decimal**
6. **SI** **Sistema ingles**
7. **PA** **Presion Atmosferica**
8. **TBS** **Temperatura de bulbo seco**
9. **TBH** **Temperatura de bulbo Humedo**
10. **HR** **Humedad relativa**

Apendice 1 Experimentación virtual con la forma

Apoyado de una serie de experimentaciones previas con flujos de aire, se llevó a realizar una propuesta de forma para una experimentación virtual más aproximada, a través de una simulación con un software CFD.

Introducción

CFD es una serie de procedimientos numéricos y computacionales para solucionar problemas de termofluidos a fin de predecir el comportamiento de un sistema de transferencia de calor, masa y cantidad de movimiento.

Para esto es necesario:

Un análisis número: cálculos números, sistemas de ecuaciones que nos ayude a determinar las condiciones necesarias del flujo y comportamiento con otros factores.

Mecánica de fluidos: Por medio de conceptos de física conocer las

CFD is an interdisciplinary topic

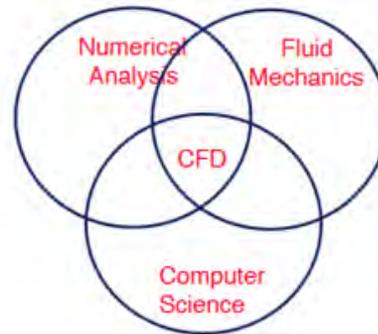


Gráfico E1 Diagrama conceptual CFD

características del fluido y como se comporta en situaciones mecánicas.

Computación. Esta ciencia ayuda en la obtención a corto tiempo de un resultado, por medio de simulaciones de modelado y programación de las ecuaciones necesarias del fluido.

Objetivos

El objetivo principal fue encontrar una solución al problema que presenta la temperatura del aire en ciertas regiones áridas del país para poder introducirlo al interior de un edificio e incidir a la ventilación del espacio.

Esto será logrado por medio de un conducto en la fachada que canalizará las direcciones del aire y permitirá su paso al interior.

Para esto fue necesario la experimentación virtual con la utilización de herramientas de simulación de flujos de aire y termodinámica. A través de un análisis de los resultados obtenido se llegó a definir que es necesario después de conocer las condiciones del flujo de aire, diseñar una forma que incidiera directamente en las demandas del análisis.

Por ello se definió el siguiente objetivo que se plantea lograr a través de los consecutivos objetivos específicos:

Objetivo general:

- Realizar una propuesta de forma a través de una simulación para reducir la temperatura del viento del exterior al interior.

Específicos:

- Realizar un análisis experimental por medio de una simulación en un software de CFD (dinámica de fluidos computacional en inglés) para estudiar las variables para el diseño.

- Reducir la incidencia solar sobre las superficies de la forma, estudiando las variables de radiación de la zona de estudio, para no afectar al flujo de aire.

- Aumentar la velocidad del fluido generando un vórtice para evitar pérdidas de velocidad en la conducción hacia los espacios.

- Demostrar cómo influye la forma de la entrada y los materiales para disminuir la temperatura del fluido.

- Obtener los resultados por medio de graficas de colores falsos para evaluar una conclusión.

Metodología

La simulación se llevará a cabo en el software de CFD ANSYS FLUENT donde ese puede obtener parámetros de flujo como turbulencia, velocidades,

presión, densidades, fuerzas etcétera, además de energía, las distribuciones de temperatura, flujo de calor, entalpia y entropía. Se busca la aproximación del resultado final gracias a la teoría de elementos finitos y de subdominios.

A continuación, se explican las variables que se utilizaron para crear la metodología que nos dará a la obtención de los objetivos solicitados. Donde se conocerán los modelos a utilizar en la simulación, las características térmicas y ópticas de los materiales, y características de la localización del estudio.

Para el resultado final el diseño es basado en la experimentación previa al fenómeno físico con los fluidos y la termodinámica. Y en la observación básica de la naturaleza con las cactáceas y como se mantiene una temperatura constante a través de los elementos formales que influyen directamente con las ráfagas de viento y los rayos solares.



Imagen E1 Forma de las cactáceas

Variables de modelos:

- Ecuación de la energía. Es necesario aplicarla porque analizaremos transferencia de energía a través de fluidos.

- Viscosidad k épsilon, realizable con tratamiento de pared mejorado. Además de esto es necesario considerar los efectos por flotación.

- Radiación solar superficie a superficie, con el trazado de rayos solares; para esto es necesario abrir la calculadora solar para introducir los parámetros de ubicación (longitud, latitud, huso horario, hora, día y mes de la localización).

La localización es en Hermosillo, Sonora en un día 13 de mayo a las 14 horas. El modelo se sitúa con una orientación de entrada de ventilación hacia el sur.

Materiales:

Posteriormente de las variantes en los modelos se llevó a la elección

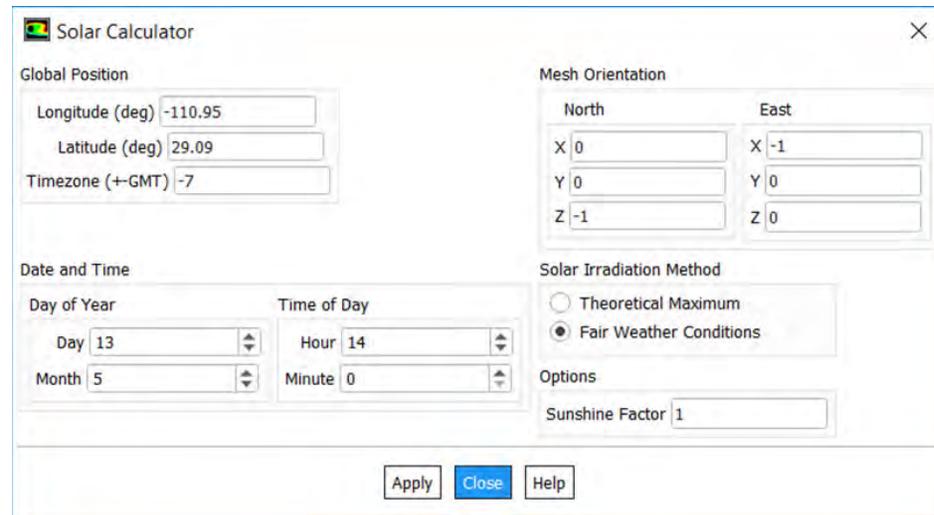


Imagen E2 Localización de la ciudad de Hermosillo

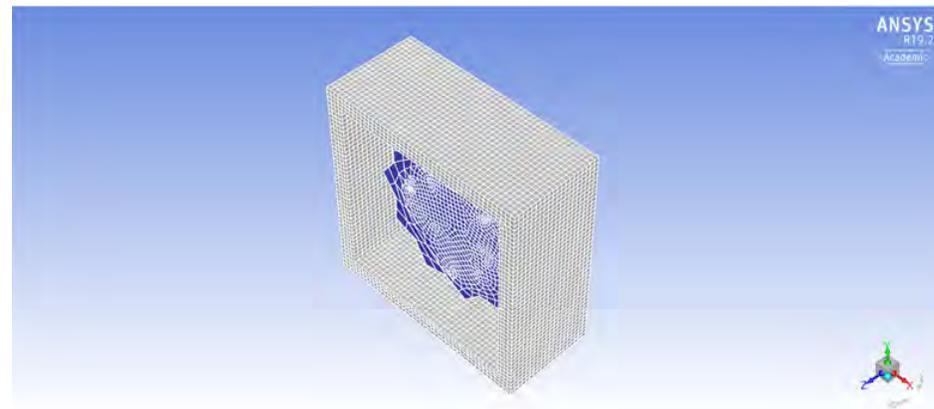


Imagen E3 Mallado de la forma

y caracterización de los materiales a utilizar, donde se deben introducir las propiedades térmicas además de las propiedades ópticas de los materiales.

Para nuestro caso se han utilizado dos materiales distintos, además del fluido aire que viene por default del programa:

- Etileno Tetrafluoro etileno. Será utilizado para las paredes del cono que canalizará el aire al interior. Densidad de 1700 kg/m³, Calor específico de 2000 J/kg-k, conductividad térmica 0.238 W/m-k. Con dos milímetros de espesor, además por ser un elemento semi transparente consta de propiedades ópticas de absorptividad 0.448, 0.84 de infrarrojo y difuso de 0.607. Transmisividad 0.432, infrarrojo de 0 y difuso de 0.3115.

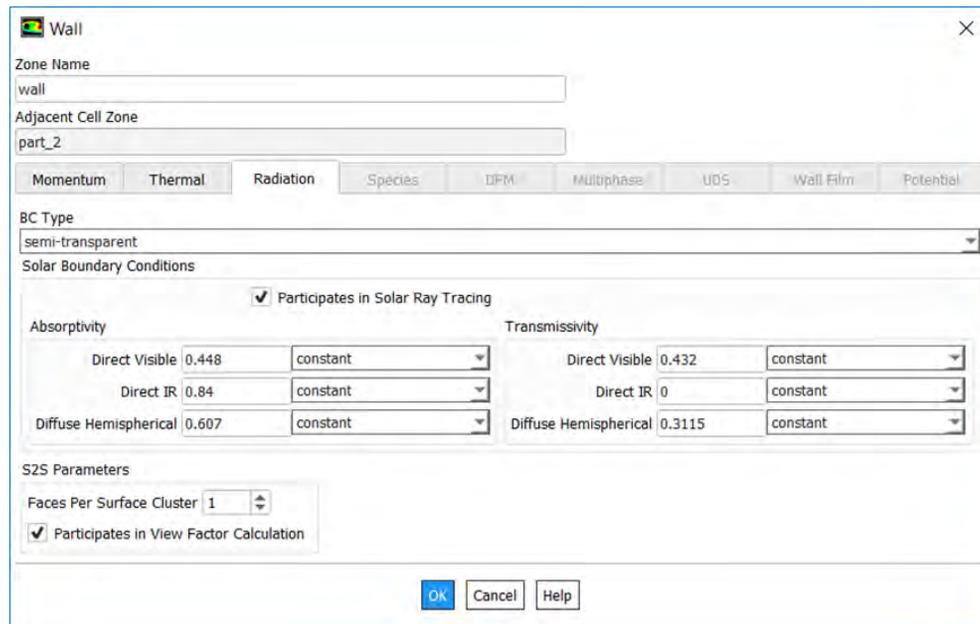
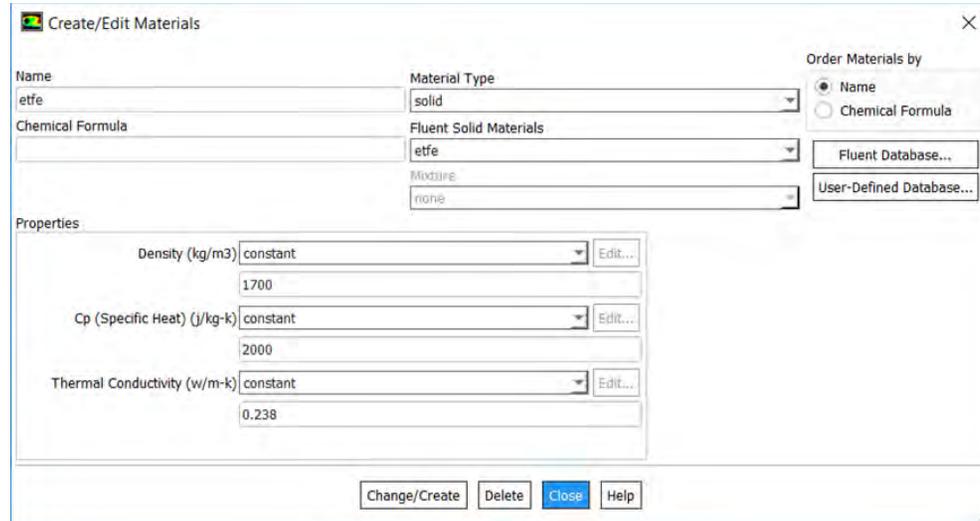


Imagen E4 Caracterización del material ETFE

- Fibra mineral. La fibra mineral será utilizada como aislante para la protección solar en la prueba final. Densidad 240 kg/m³, calor específico de 710 j/kg-k, conductividad térmica de 0.042w/m-k. Al igual de las propiedades ópticas de absorptividad de 0.16 e infrarroja de 0.93.

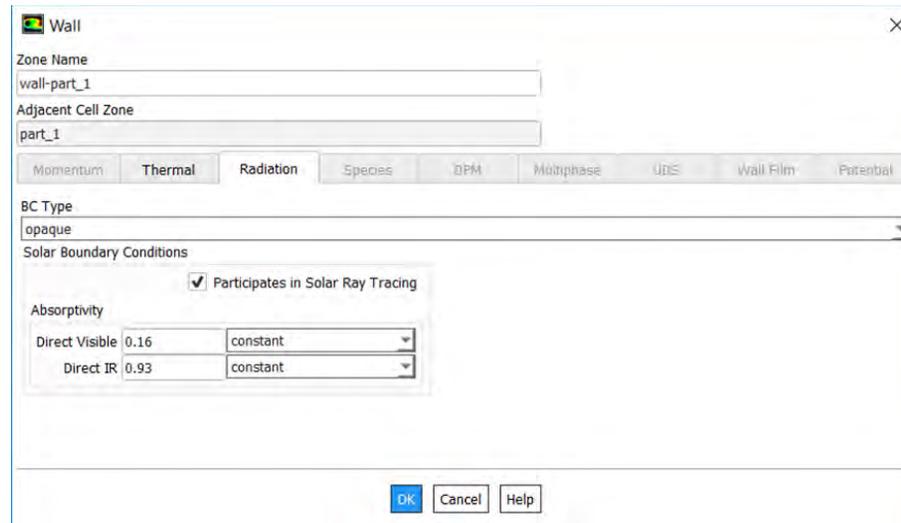
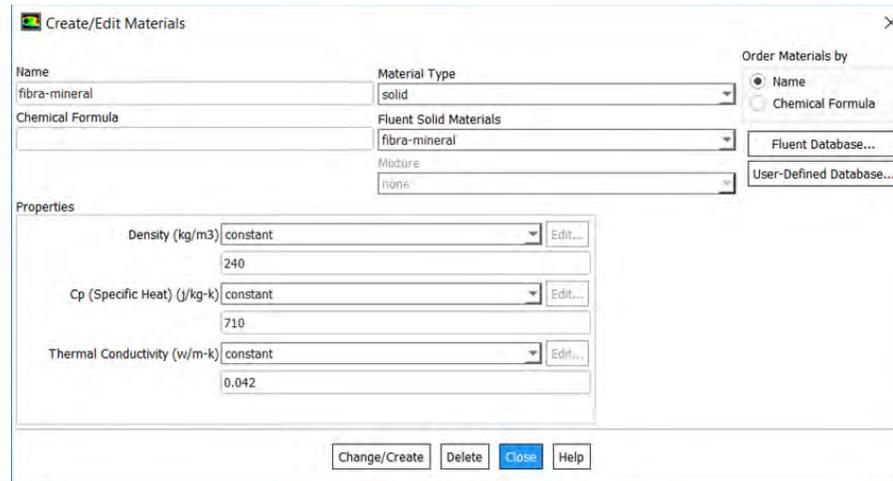
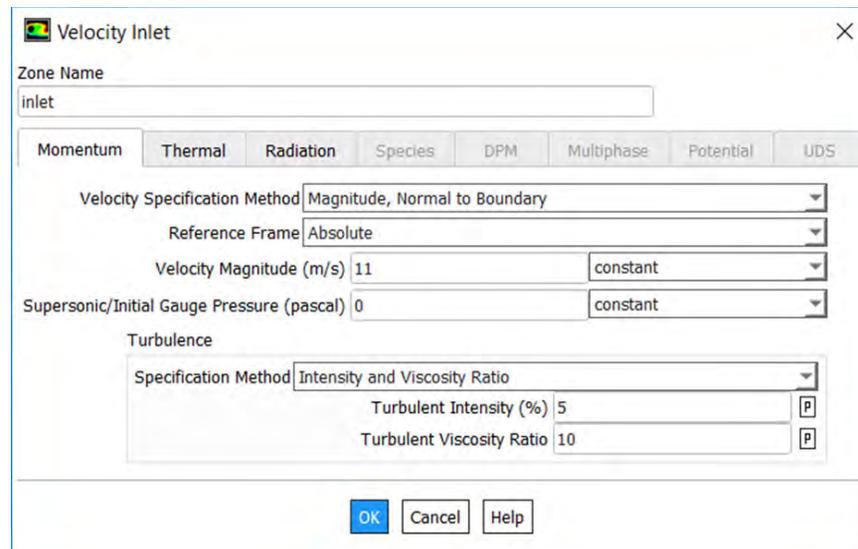


Imagen E5 Caracterización de la fibra natural

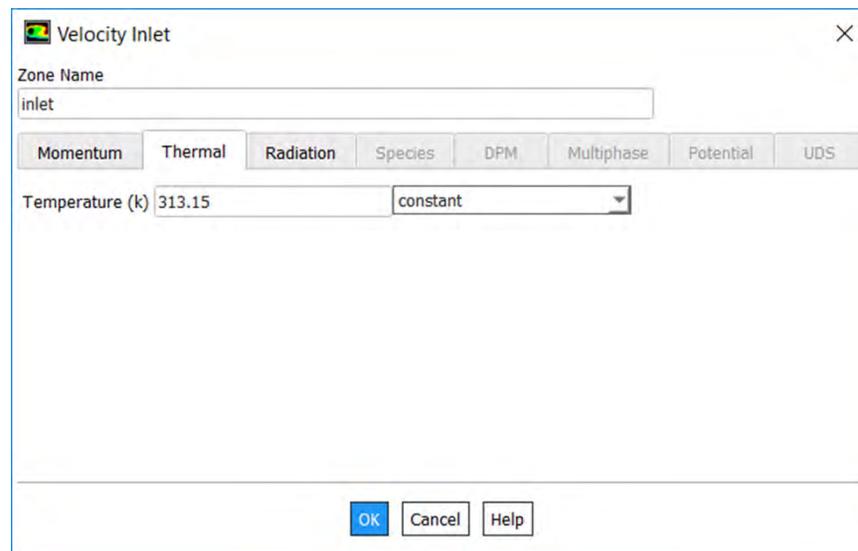
El siguiente paso ya anteriormente determinadas las condiciones de frontera es especificar las características de la entrada del aire, la velocidad y temperatura que tendrá al entrar:

- Velocidad 11 m/s velocidad promedio del lugar Hermosillo, Sonora a analizar en el mes de mayo.

- Temperatura de 313.15 K, temperatura estimada promedio en grados Kelvin de Hermosillo, Sonora para el mes de mayo a las 14 horas.



The screenshot shows the 'Velocity Inlet' dialog box with the 'Momentum' tab selected. The 'Zone Name' is 'inlet'. The 'Velocity Specification Method' is 'Magnitude, Normal to Boundary', the 'Reference Frame' is 'Absolute', the 'Velocity Magnitude (m/s)' is '11' with a 'constant' dropdown, and the 'Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal)' is '0' with a 'constant' dropdown. The 'Turbulence' section has 'Specification Method' set to 'Intensity and Viscosity Ratio', 'Turbulent Intensity (%)' at '5', and 'Turbulent Viscosity Ratio' at '10'. 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons are at the bottom.



The screenshot shows the 'Velocity Inlet' dialog box with the 'Thermal' tab selected. The 'Zone Name' is 'inlet'. The 'Temperature (k)' is '313.15' with a 'constant' dropdown. 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons are at the bottom.

Imagen E6 Parametros del viento

A continuación, se activan las condiciones de frontera para las paredes de los sólidos, donde activamos las condiciones térmicas por convección ya que es en relación con el flujo del aire y la temperatura.

Por último, para iniciar la solución se requiere la identificación de los métodos de cálculo (presión, turbulencia, energía e impulso) a segundo orden.

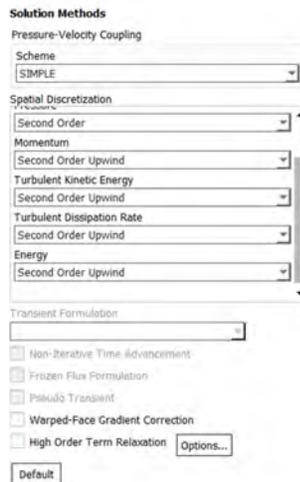


Imagen E7 Cambio de variables a segundo orden

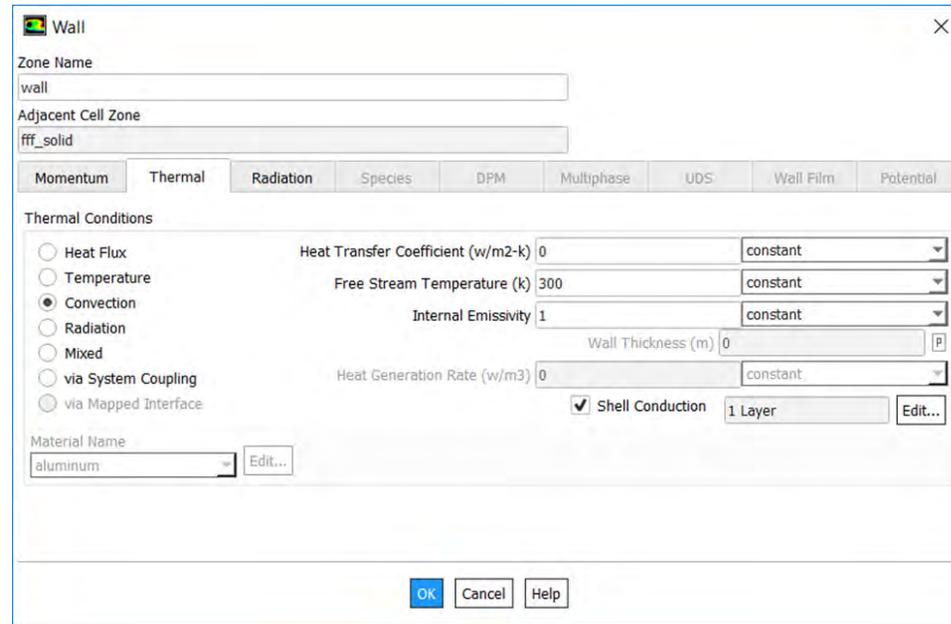


Imagen E8 Añadiendo las condiciones térmicas por convección

Resultados

Los resultados son traducidos en CFD post donde con una grafica de colores falsos se puede realizar una aproximación al fenómeno real que se contempla con el diseño.

A continuación, se observa como efectivamente la forma incide en

el aumento de la velocidad generando un vórtice, donde la saturación del fluido en la salida de presión hace un incremento considerable de la velocidad.

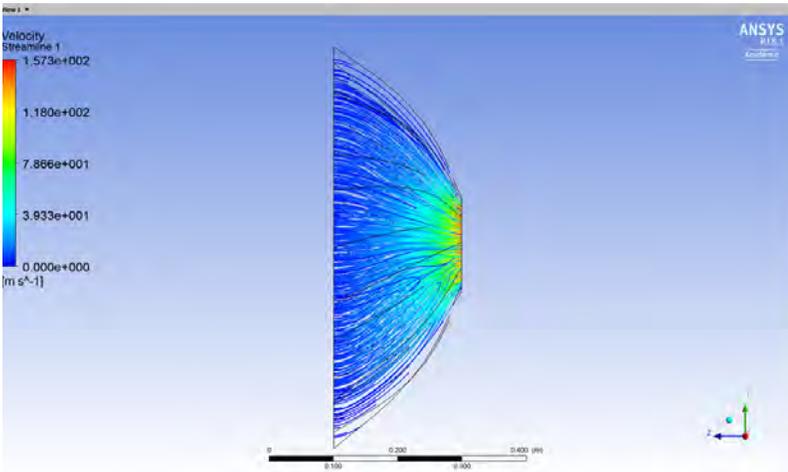
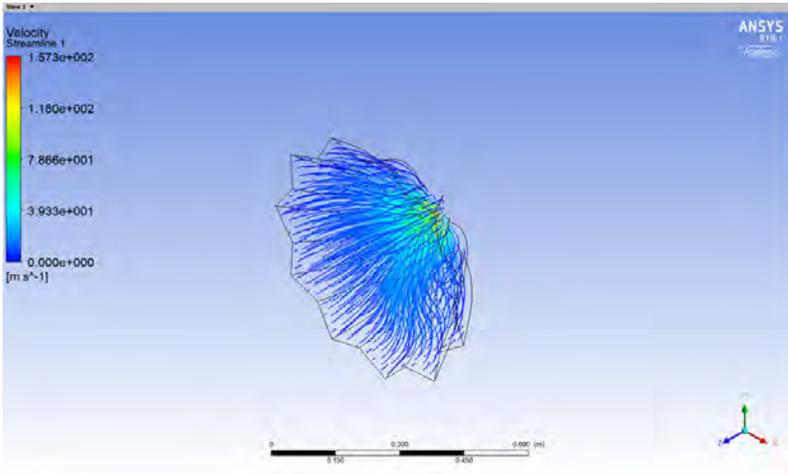


Imagen E9 Resultados de velocidades del viento en m/s

Sin embargo, esta forma no resulta muy conveniente al mostrar el análisis de la grafica de colores falsos en los cambios de temperatura. El ETFE al ser un material semitransparente inciden directamente los rayos solares en el cambio de las temperaturas del fluido. haciendo una extrema diferencia de temperaturas, desde la propuesta para la temperatura del aire, a la que entra y sale. En la siguiente grafica se observa este fenómeno.

Con base en los resultados de la primera prueba, donde las gráficas arrojaron los datos donde se observa como la radiación solar influye directamente al material semitransparente se llevó al diseño de una segunda prueba utilizando la variante de una protección solar realizara con material de fibra mineral.

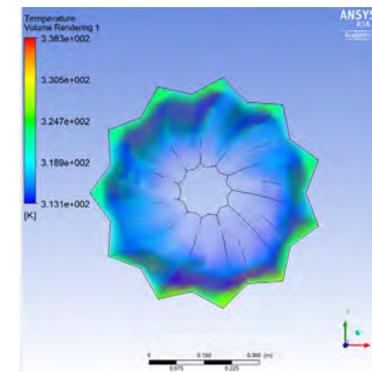


Imagen E10 Resultados de emperaturas en Kelvin

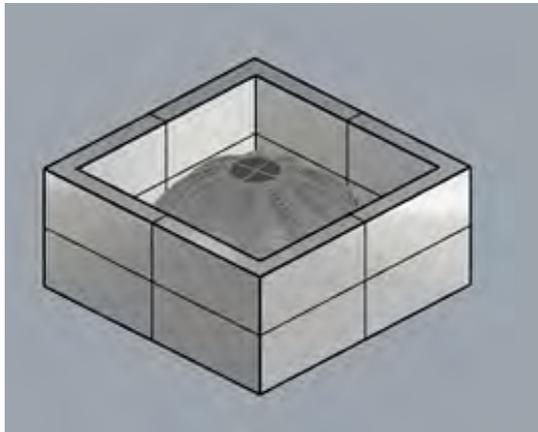


Imagen E11 Protecciones solares de fibra natural

En esta nueva prueba se puede distinguir la influencia de la protección solar ayudo a disminuir el rango de temperaturas con la que entra y sale el fluido, en las paredes de la forma interior se observa como se dispara el rango de temperaturas, probablemente por los parámetros de orientación de esas caras.

Sin embargo, la protección solar, influye positivamente a la velocidad del viento, aumentando el rango de metros sobre segundos analizados, dado que en el centro del vórtice alcanzamos velocidades de 228 m/s. En la siguiente grafica de colores falsos se observa la variación de velocidades.

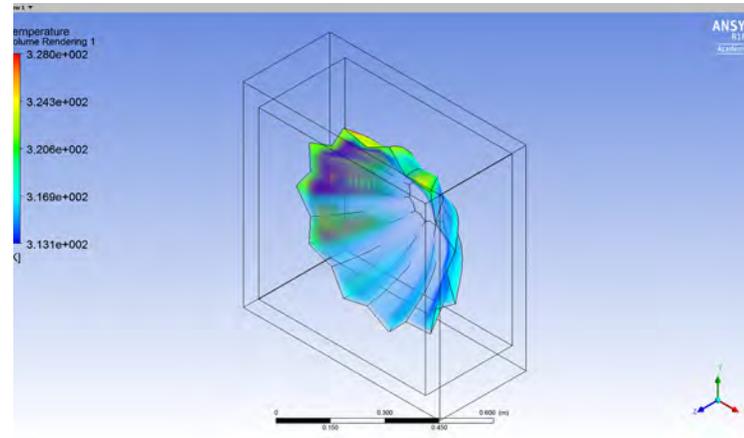


Imagen E12 Resultados de temperaturas en Kelvin segunda prueba

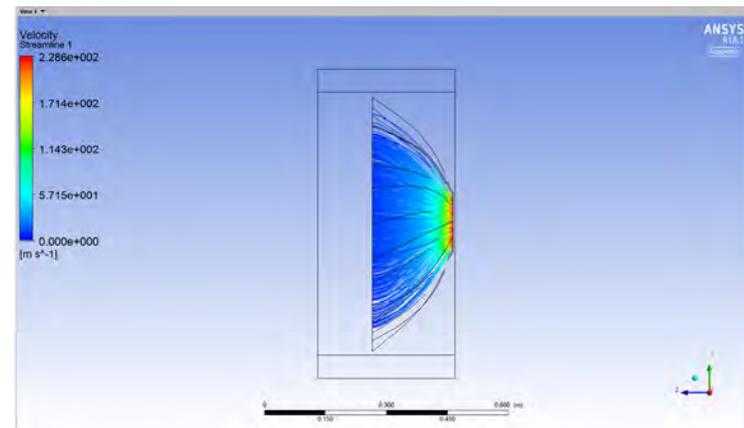


Imagen E13 Resultados de velocidades del viento en m/s segunda prueba

Conclusiones

El resultado de múltiples experimentaciones con diseños y casos diferentes se llega a la afirmación son diversos los factores que influyen directamente en la adaptación del clima y sus recursos.

- La primera condición que influye es la orientación, dependiendo de esta la incidencia solar llegara sobre las superficies a analizar y afectara a la temperatura del fluido. Además es indispensable para el buen diseño de la forma y elección de los materiales.

- La segunda es el diseño de la forma, dependiendo de lo que queramos lograr es indispensable conocer las propiedades del flujo de aire para poder diseñar.

- La siguiente condición fue la elección de los materiales, si bien es bueno elegirlos dependiendo de las formas que se quieran lograr, también por hay que tener conciencias de que según sus propiedades térmicas y

ópticas pueden afectar al efecto que queremos lograr.

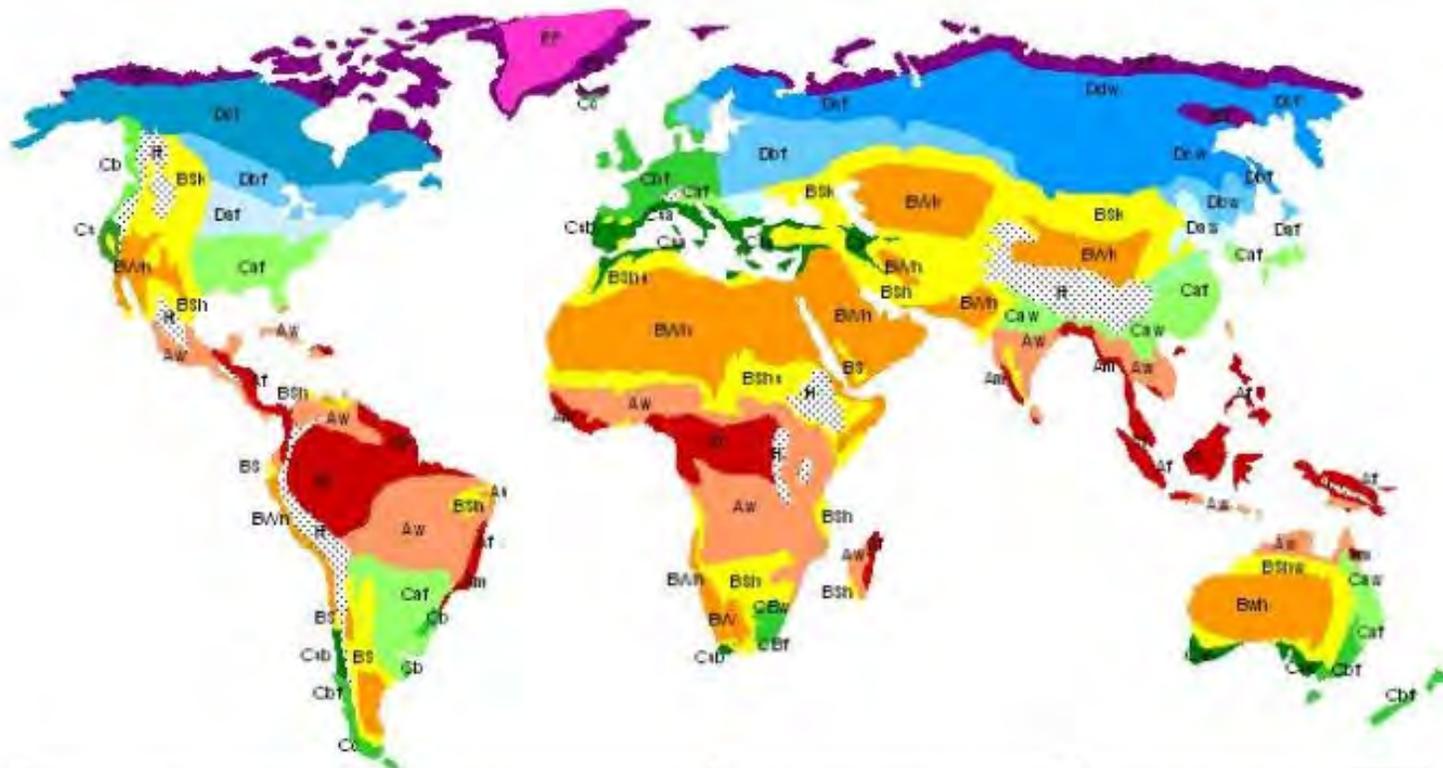
- Por último, es necesario considerar las afectaciones o errores que se puedan presentar, consideraciones externas como protecciones solares para reducir la incidencia sobre las superficies del canalizador del aire al interior.

En conclusión, el resultado de las graficas de colores falsos agrego a que las formas donde se generen un flujo turbulento afectasen a la velocidad del fluido. Esto puede ser importante ya que aumentar la velocidad es un beneficio pues el viento, al ser canalizado para el interior de los espacios como ventilación natural, puede tener grandes pérdidas de velocidad.

Además, otro dato importante fue la observación del cambio de temperatura donde influye la forma. Afirmando positivamente que, al conducir un fluido sobre la forma, mientras más espacio

recorre introduciéndose mas baja la temperatura, siempre y cuando no este afectada por las condiciones ópticas del material y la incidencia de los rayos solares.

Anexo I Clasificación climática de Köppen



<p>CLIMAS TROPICALES LLUVIOSOS</p> <p>Bosque tropical lluvioso ■ Af, Am</p> <p>Sabana tropical ■ Aw</p>	<p>CLIMAS ÁRIDOS</p> <p>Estepa ■ BSh, BSk</p> <p>Desierto ■ BWh, BWk</p>	<p>CLIMAS HÚMEDOS MESOTÉRMICOS</p> <p>Mediterráneo y subtropical ■ Cs</p> <p>Subtropical húmedo ■ Ca</p> <p>Templado de las costas occidentales ■ Cb</p>	<p>CLIMAS HÚMEDOS MICROTÉRMICOS</p> <p>Continental húmedo, veranos cálidos ■ Dc</p> <p>Continental húmedo, veranos frescos ■ Dd</p> <p>Subártico ■ Df</p>
<p>CLIMAS POLARES</p> <p>Tundra ■ ET</p> <p>Inlandis ■ EF</p>		<p>Altas montañas indiferenciadas H</p>	

Anexo II Carta Psicrométrica



CARTA PSICROMÉTRICA
TEMPERATURAS NORMALES
UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL
PRESIÓN BAROMÉTRICA 101.325 kPa
AL NIVEL DEL MAR

