



*Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería.*

**“Análisis ambiental del hospital de especialidades
IMSS - Tlaxcoapan, evaluación técnica mediante
propuestas para un mejor confort arquitectónico.”**

Tesis presentada al
Área Académica de Ingeniería y Arquitectura
como requisito para la obtención del título de

LICENCIADO EN ARQUITECTURA

por

Luis Rafael López Calderón

Comité Asesor

Tutor de tesis: Dr . Boris Vladimir Tapia Peralta
Asesor de tesis: Dr. Carlos Alfredo Bigurra Alzati

Mineral de la Reforma, Hidalgo, 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences

Mineral de la Reforma, Hgo., a 30 de octubre de 2025

Número de control: ICBI-D/1887/2025
Asunto: Autorización de impresión.

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado al egresado de la Licenciatura en Arquitectura **Luis Rafael López Calderón**, quien presenta el trabajo de titulación "**Ánálisis ambiental del hospital de especialidades IMSS-Tlaxcoapan, evaluación técnica mediante propuestas para un mejor confort arquitectónico**", ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente: Dra. María Elena Sánchez Roldán

Secretario: Dr. Carlos Alfredo Bigurra Alzati

Vocal: Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta

Suplente: Dra. María del Rosario Dolores Mijangos

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez
Director del ICBI



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001
dirección_icbi@uaeh.edu.mx, vergarar@uaeh.edu.mx

GVR/YCC

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

“No estoy interesada en lo promedio. Mi ambición siempre fue ir más allá de los límites, porque la arquitectura, como la vida, consiste en atreverse a crecer.”

– Zaha Hadid

A G R A D E C I M I E N T O S

Esta tesis no habría sido posible sin el apoyo sincero de aquellas personas que han marcado profundamente mi vida.

A mi profesor y asesor, Dr. Boris Vladimir Tapia Peralta, por la dedicación que tuvo hacia mi proyecto, la paciencia que llevo durante la elaboración de este tema de tesis y por su enorme confianza en mi trabajo. Sus enseñanzas no solo enriquecen esta investigación, sino también la formación como persona y como profesionista que llevo en mí.

A mi madre, Norma Calderón Crespo, por su amor incondicional, por darme fortaleza y apoyo en momentos difíciles y por recordarme siempre que los sueños se logran con la confianza en todo momento.

A mi padre, Luis Rafael López Ocaña, por enseñarme con su ejemplo que la constancia y la dedicación en la vida son la base para alcanzar cualquier meta. Gracias por ser un pilar firme en cada paso que doy.

A mi abuela, María Obdulia Crespo Amador, cuyo amor, sabiduría y ternura han sido una guía luminosa en mi camino. Por enseñarme a mantener el corazón firme incluso en los momentos más desafiantes. Tus palabras, tu fuerza y tu fe me han inspirado siempre a continuar adelante. Esta meta también es tuya, porque cada logro mío lleva impreso un pedacito de tu fortaleza y de tus sueños que hoy honro con gratitud.

A cada uno de ustedes les dedico este trabajo, con la certeza de que sus huellas estarán siempre presentes en mi vida y en mi profesión.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro.

ÍNDICE

Autorización de impresión.....	2
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	7
Abstract.....	8
01. Introducción.....	9
1.1 Presentación del tema.....	10
1.2 Objetivos específicos, justificación e hipótesis.....	11
02. La bioclimática en arquitectura.....	15
2.1 La bioclimática.....	16
2.2 Bioclimática en arquitectura.....	17
03. Fundamentos y aspectos de estudio bioclimáticos.....	20
3.1 El clima y la arquitectura.....	21
3.1.1 Factores del clima.....	22
3.1.2 Elementos del clima.....	23
3.1.3 Clasificación y análisis climático.....	24
3.2 Control solar en la arquitectura.....	25
3.2.1 Trayectoria solar y su incidencia en el diseño.....	27
3.2.2 Dispositivos de control solar.....	28
3.3 La ventilación en la arquitectura.....	33
3.3.1 Vientos generales.....	34
3.3.2 Vientos locales.....	34
3.3.3 Necesidad de aire.....	34
3.3.4 Viento y arquitectura.....	35
3.3.5 Efecto de la vegetación en los edificios.....	36
3.3.6 Vientos indeseables.....	37

3.4 La iluminación en la arquitectura.....	38
3.4.1 Principios y fundamentos básicos de la luz.....	38
3.4.2 Luz natural y visión. El color y su influencia.....	39
3.4.3 El color de la luz. Influencia en la arquitectura.....	40
3.4.4 El entorno lumínico y la percepción del usuario.....	42
3.4.5 Tipos y fuentes de iluminación en los edificios.....	43
3.4.6 Luz natural y su interacción en las edificaciones y el entorno urbano exterior.....	45
04. Variables climáticas del Hospital de especialidades IMSS - Tlaxcoapan	48
4.1 Arquitectura bioclimática en unidades de salud.....	49
4.2 Datos generales del hospital.....	51
4.2.1 Clima y microclima.....	52
4.2.2 Estudio solar.....	55
4.2.3 Humedad relativa.....	58
4.2.4 Viento.....	60
4.2.5 Cartas bioclimáticas.....	61
05. Propuesta de intervención de los espacios exteriores del hospital de especialidades IMSS - Tlaxcoapan	64
Conclusiones	82
Definiciones.....	83
Referencias.....	85

R E S U M E N

El propósito es intervenir el exterior del Hospital de Especialidades IMSS - Tlaxcoapan, Hidalgo, con estrategias como la incorporación de vegetación nativa, con el propósito de mejorar el confort medioambiental en el hospital, optimizar la eficiencia energética y enriquecer la imagen institucional del edificio.

La investigación parte del análisis de las condiciones climáticas locales como la temperatura, la radiación solar, la precipitación y los vientos dominantes, así como la evaluación de aquellas estrategias arquitectónicas que incluyan ventilación natural y aprovechamiento de luz solar. Dicho análisis permite plantear criterios de diseño sustentable que priorizan la incorporación de especies vegetales locales que tengan bajo mantenimiento y la implementación de sistemas pasivos que reduzcan el consumo energético.

Los resultados obtenidos muestran que las estrategias bioclimáticas en la arquitectura hospitalaria en México no solo contribuyen a la eficiencia energética, sino que también fortalecen el bienestar de pacientes, personal y visitantes, además de proyectar una imagen institucional adecuada para el sector, comprometida con la sostenibilidad. Asimismo, este trabajo establece lineamientos arquitectónicos que pueden servir como referencia para futuras intervenciones en infraestructuras de salud en México.

A B S T R A C T

The purpose of this project is to redesign the exterior of the IMSS Specialty Hospital in Tlaxcoapan, Hidalgo, using strategies such as incorporating native vegetation. The goal is to improve the hospital's environmental comfort, optimize energy efficiency, and enhance the building's institutional image.

The research begins with an analysis of local climatic conditions, including temperature, solar radiation, precipitation, and prevailing winds, as well as an evaluation of architectural strategies that incorporate natural ventilation and the use of sunlight. This analysis allows for the development of sustainable design criteria that prioritize the incorporation of low-maintenance local plant species and the implementation of passive systems that reduce energy consumption.

The results obtained demonstrate that bioclimatic strategies in hospital architecture in Mexico not only contribute to energy efficiency but also enhance the well-being of patients, staff, and visitors, while projecting an appropriate institutional image for the sector, demonstrating a commitment to sustainability. Furthermore, this work establishes architectural guidelines that can serve as a reference for future interventions in health infrastructures in Mexico.

01.

INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA

Una edificación bioclimática supone el uso de una serie de elementos y técnicas constructivas que contribuyen a reducir su consumo energético y su impacto en el entorno. (01.).

En el contexto de las infraestructuras hospitalarias en general, y en concreto el Hospital de especialidades IMSS ubicado en Tlaxcoapan, Hidalgo, que se encuentra en construcción, la aplicación de principios bioclimáticos es relevante debido a las condiciones ambientales del sitio y las demandas de los usuarios.

El diseño de un hospital es un proceso complejo que requiere una planificación cuidadosa y una consideración minuciosa de numerosos factores. Un buen diseño hospitalario puede mejorar la eficiencia operativa, garantizar la seguridad del paciente, mejorar su satisfacción y promover la sostenibilidad a largo plazo. (02.). El Hospital de Especialidades IMSS de Tlaxcoapan demanda niveles estrictos de confort térmico, iluminación adecuada, ventilación eficiente y control de la calidad del aire, y zonas exteriores que faciliten el confort de los usuarios.

El objetivo principal es diseñar una propuesta arquitectónica y bioclimática para los espacios exteriores del Hospital de Especialidades en Tlaxcoapan, Hidalgo, a partir del análisis de las condiciones climáticas y ambientales del sitio. La investigación busca integrar especies vegetales nativas seleccionadas estratégicamente por sus características funcionales, estéticas y de bajo mantenimiento, con el propósito de mejorar el confort ambiental exterior y optimizar el desempeño energético del edificio. La propuesta plantea la distribución adecuada de vegetación y espacios de circulación, logrando un equilibrio entre la funcionalidad hospitalaria y la sustentabilidad ambiental. De esta forma, el proyecto pretende constituirse en una alternativa replicable de diseño hospitalario que responda a los criterios de sostenibilidad y adaptación bioclimática propios de la región.



Imagen 1. Hidden house in Lagos, Portugal Imagen obtenida de: Garcia, S. M. (2025, 25 septiembre). Hidden House in Lagos, Portugal by Kerimov Architects. AmazingArchitecture. <https://amazingarchitecture.com/visualization/hidden-house-in-lagos-portugal-by-kerimov-architects>



1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las condiciones climáticas y ambientales del sitio que influyen en el hospital de especialidades de Tlaxcoapan, Hidalgo.
2. Seleccionar especies vegetales nativas para su integración en los espacios exteriores , considerando sus características funcionales, estéticas y de bajo mantenimiento.

Imagen 2. Casa escondida en Lagos, Portugal Imagen obtenida de: Garcia, S. M. (2025, 25 septiembre). Hidden House in Lagos, Portugal by Kerimov Architects. AmazingArchitecture. <https://amazingarchitecture.com/visualization/hidden-house-in-lagos-portugal-by-kerimov-architects>

El municipio de Tlaxcoapan- Estado de Hidalgo, México-, presenta condiciones climatológicas peculiares, que incluyen variaciones de temperatura a lo largo del año, además de precipitación pluvial, radiación solar y vientos dominantes importantes periódicas.

Estas condiciones pueden ser aprovechadas mediante soluciones bioclimáticas adaptadas al edificio: el uso de energías renovables, la modificación y colocación de ventanas en ciertos puntos claves de las fachadas, la incorporación de sistemas de ventilación pasivos y la selección de materiales térmicamente eficientes pueden ser aportes importantes para la sostenibilidad. La aplicación de estos principios de diseño bioclimático en edificios para la salud ubicados en la región merece un estudio específico.



Imagen 3. Recorrido de Tlaxcoapan, Hgo. Centro de Tlaxcoapan, Hgo. Imagen obtenida de: Admin. (2021, 3 agosto). JAIME PÉREZ SUÁREZ PRESENTA EL "CORRIDO a TLAXCOAPAN" PARA LA DIFUSIÓN DE LA RIQUEZA CULTURAL y GASTRONÓMICA DEL MUNICIPIO. MARFECA. <https://www.marfeca.mx/jaime-perez-suarez-presidente-municipal-de-tlaxcoapan-presenta-el-corrido-a-tlaxcoapan-para-la-difusion-de-la-riqueza-cultural-y-gastronomica-del-municipio/>

Los puntos clave que se abordan en el estudio, son:

01. Identificación de estrategias pasivas para la sostenibilidad ambiental, como la generación de barreras vegetales y dobles fachadas.

02. Proponer la integración de jardines en el exterior del edificio, para reducir el efecto isla de calor (**D8.**) y promover el bienestar de los usuarios.

Otros elementos que podrían sumarse al estudio en futuras investigaciones, son:

03. Evaluar la implementación de paneles solares fotovoltaicos o calentadores solares, para cubrir las necesidades de energía o agua caliente en el Hospital.

04. Verificar la disposición de locales y circulaciones al interior del edificio, con la finalidad de proponer un mejor aprovechamiento de iluminación natural sin causar deslumbramiento ni acumulación excesiva de luz o calor.

05. Evaluar el control de la ventilación natural, y estudiar la posibilidad de integrar jardines interiores o chimeneas solares.

06. Inspeccionar el uso de materiales con propiedades térmicas adecuadas para la región, con la finalidad de lograr el control de temperaturas internas.

07. Asegurar que el proyecto cumpla con los estándares normativos

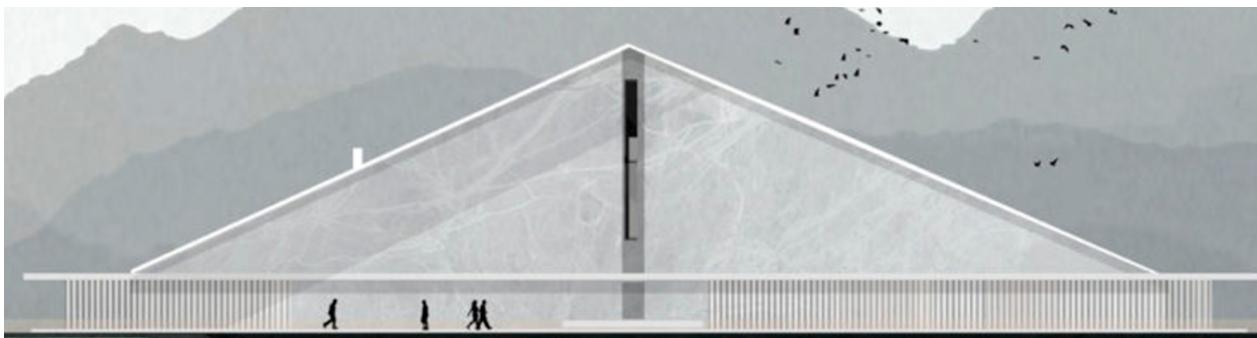


Imagen 4. "Puzzle Pieces", Esta imagen no corresponde a edificaciones reales, sino a renders conceptuales Imagen obtenida de: Baldwin, E. (2021, 16 diciembre). 10 Drawings by Zean Macfarlane Bringing Architecture to Life. Journal. <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/zean-macfarlane/>

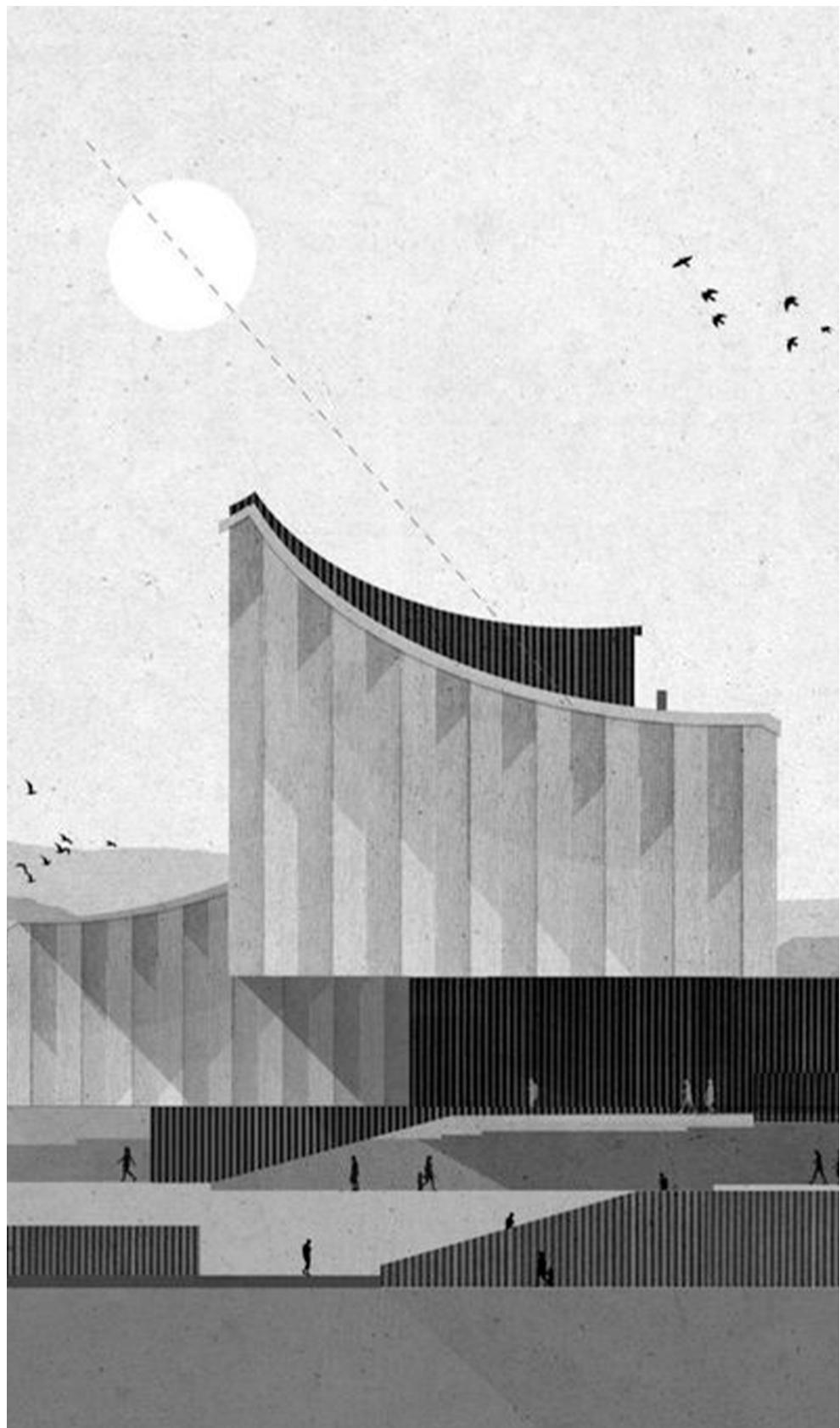


Imagen 5. Park Café Esta imagen no corresponde a edificaciones reales, sino a renders conceptuales Imagen obtenida de: Baldwin, E. (2021, 16 diciembre). 10 Drawings by Zean Macfarlane Bringing Architecture to Life. Journal. <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/zean-macfarlane/>

02.

LA BIOCLIMÁTICA
EN ARQUITECTURA

2.1 LA BIOCLIMÁTICA

El término bioclimática proviene de la unión de dos palabras griegas: “bios” (βίος), que significa “vida”, y “klima” (κλίμα), que refleja la necesidad de adaptar las construcciones humanas al clima local y las condiciones naturales para mejorar la calidad de vida. (03.)

La bioclimática es una disciplina que facilita la adaptación de los espacios mediante estudios del sitio, con estrategias de diseño que aprovechan las condiciones climatológicas y naturales de la localidad, tratando de evitar los sistemas mecánicos o artificiales. La frágil situación mundial, determinada por el aumento de la demanda energética y el agotamiento progresivo de fuentes de energía no renovables como el petróleo, obligan a repensar la arquitectura y los asentamientos humanos bajo criterios de sostenibilidad.

Viktor Olgay, uno de los pioneros en el tratamiento de la bioclimática en la arquitectura y quien elaboró el concepto de confort térmico y zona de confort, indica que para 1960 aún no se habían estudiado las arquitecturas de diferentes regiones del mundo, aunque algunas se adaptaron mejor a los efectos del clima. Por ese motivo, su objetivo fue proyectar construcciones adaptadas al ambiente: emplea un enfoque científico y multidisciplinario, en el entendido de que la arquitectura debe sintetizar los datos que ofrecen la meteorología, la biología y la ingeniería. Recomienda aplicar un método que consiste de los siguientes pasos:

01. Clima: analizar la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y los efectos del viento de la región en el transcurso del año, considerando también las condiciones del microclima existente en el sitio seleccionado.
02. Evaluación biológica: se basa en las sensaciones humanas. Es necesario hacer un diagnóstico del impacto del clima a lo largo del año en términos fisiológicos. Los datos climatológicos ordenados en una tabla temporal mostrarán las medidas que deben alcanzarse para obtener condiciones de confort.
03. Soluciones tecnológicas: después de que los requerimientos bioclimáticos de confort son definidos, es necesario interceptar los elementos del clima adversos y utilizar los impactos favorables en el momento justo y en cantidades adecuadas.

Para Olgay, una construcción balanceada en términos climáticos debe considerar:

- 01.** Las características del sitio en los períodos fríos y calurosos.
- 02.** La orientación de sol, para ganar o evitar radiación solar según la estación.
- 03.** La sombra que cae en la construcción.
- 05.** Los vientos y brisas, y el movimiento del aire al interior, los cuales determinarán la localización, distribución y tamaño de las ventanas y aperturas.
- 06.** Las propiedades térmicas de los materiales. (**04.**)

2.2 BIOCLIMÁTICA EN ARQUITECTURA

La arquitectura es una disciplina definida como el arte y la técnica de proyectar y construir edificios para satisfacer las necesidades del ser humano a través de la forma, la funcionalidad y los preceptos estéticos. Es considerada una de las bellas artes.

De acuerdo con cada periodo histórico, la arquitectura incorpora elementos que reflejan la estética y los valores sociales y culturales, diferenciándola dentro de las distintas corrientes de estilo, las cuales podemos observar en la actualidad. (**05.**)

Si se parte de la premisa que la arquitectura es un trabajo social, se debe enfatizar la tendencia bioclimática, pues sus principios van dirigidos:

- 01.** Al mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios desde el **comfort higrotérmico (D1)(06.)**
- 02.** A la integración del objeto arquitectónico a su contexto
- 03.** A incidir en la reducción de energía y al aprovechamiento de fuentes energéticas alternativas, como resultado del concepto ecológico que enmarca esta tendencia. (**07.**)

Actualmente se debe generar una nueva arquitectura en donde el sol, la tierra, el viento, el agua y el mundo total de la naturaleza se integren de modo armonioso con la vida y la tecnología, ayudando a que los lazos que unen a los hombres entre sí y con su medio experimenten un real cambio cualitativo y no solo cuantitativo.

Es vital destacar la diferencia entre la arquitectura bioclimática y la sostenible. Mientras que ambas comparten la visión de edificios respetuosos con el entorno, sus enfoques difieren. La arquitectura bioclimática se centra principalmente en la eficiencia energética para el confort de los ocupantes. Por otro lado, la arquitectura sostenible pone un énfasis primordial en el uso de materiales locales y en la minimización del impacto ambiental. (08.)

Aquí entramos en el punto donde juntamos la disciplina de la arquitectura con términos climáticos y naturales; aquella ‘nueva arquitectura’, o arquitectura bioclimática que busca estos objetivos en cuanto al uso racional de la energía y la utilización de fuentes renovables, plantea una nueva manera de concebir el hábitat y en general una tendencia a un nuevo tipo de vida y de sociedad, adecuados al sitio y al clima, con desarrollo de tecnologías y procedimientos respetuosos de los bienes naturales que la sociedad posee, e integradas a esquemas que contemplen estos cambios a largo plazo. (09.)

La arquitectura bioclimática se basa en cuatro estrategias para diseñar y construir sus edificios. Aunque se alimenta de los conceptos que utiliza el estilo vernáculo, el bioclimático se esfuerza por incorporar sus estrategias a lo que se conoce como arquitectura contemporánea. De hecho, de la arquitectura bioclimática nace el concepto de “casa pasiva”, la cual adapta estéticas actuales, sistemas constructivos vigentes con la responsabilidad tradicional.

01. Diseño del entorno

Para obtener confort y eficiencia energética, la arquitectura bioclimática se empeña por adaptar sus diseños a su entorno físico y al clima. Pero, ¿qué quiere decir adaptarse? Básicamente se trata de considerar la trayectoria del sol, las orientaciones y el tipo de clima para ubicar espacios y ventanas. Así se podrá aprovechar el asoleamiento y tener áreas cálidas o frescas sin la necesidad de utilizar herramientas que consuman energía y contaminen; el tamaño y posición de las ventanas también será fundamental para garantizar iluminación sin necesidad de recurrir a la electricidad más que en las noches.

02. Espacios optimizados

Para la arquitectura bioclimática, incorporar espacios innecesariamente grandes significa gasto energético, porque eventualmente se necesitarán aparatos adicionales para iluminarlos, calentarlos o enfriarlos. A menos que la afluencia de usuarios así lo exija, el diseño bioclimático plantea dimensionar correctamente cada espacio para garantizar que se ventilen, iluminen o se alcance un confort térmico ideal de forma orgánica.

03. Materialidad amigable

La fabricación, el transporte y la instalación de materiales son responsables de gran parte de la contaminación en la industria arquitectónica. Si se considera que esta genera 39% de las emisiones de CO₂, entonces la selección de materiales responsables con el ambiente ayudará a bajar la tasa de contaminación. Dichos materiales pueden ser renovables, como maderas o piedras, o reciclados, como los bloques y ladrillos hechos de plásticos. Incluso, hay materiales inteligentes como el cristal para ventanas que almacenan el calor; no obstante, éstos deben ser un complemento.

04. Energías renovables

Cuando la naturaleza provee de energías limpias, lo mejor es aprovecharlas sin miramientos. Esta estrategia emplea las orientaciones y asoleamientos; busca utilizar al sol, el agua, el viento y el subsuelo como medios para producir la energía necesaria en cualquier edificio. Dejar de consumir la energía de los hidrocarburos para las actividades dentro de los espacios generará un impacto completamente positivo para el planeta. (10.)



Figura 1. Imagen conceptual del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo.
Fuente: *Elaboración propia*.

03 .

FUNDAMENTOS Y
ASPECTOS DE
ESTUDIO
BIOCLIMÁTICO



3.1 EL CLIMA Y LA ARQUITECTURA

El clima caracteriza e identifica una región por el comportamiento de sus componentes y variables energéticas; esto da un lugar a un estilo de vida con características muy particulares.

A lo largo de la historia humana, la arquitectura se ha expresado como respuesta al tiempo, cultura, condiciones físicas y ambientales del sitio. Esta relación directa entre el comportamiento humano y el medio se puede encontrar aun en las zonas rurales y algunas ciudades que no han tenido grandes cambios.

El clima actúa como uno de los factores principales en el diseño. De las condiciones atmosféricas de un lugar depende que la arquitectura sea de muros pesados o ligeros, cubiertas inclinadas o planas, color oscuro o claro, etc; la edificación será un elemento protector y regulador que rehaga o transforme la acción de los elementos ambientales naturales de un lugar.

El análisis de las condiciones climáticas con fines arquitectónicos se puede realizar en dos niveles básicos: macroclimatológico (D2) o regional y microclimatológico (D3) o local. Las variaciones climáticas que un sitio puede tener a una escala pequeña, es decir, su microclima, son determinantes para el emplazamiento arquitectónico.

Estos factores microclimáticos pueden ser modificados por la arquitectura y el diseño de exteriores mediante edificaciones, movimientos de tierra, cuerpos de agua o vegetación.

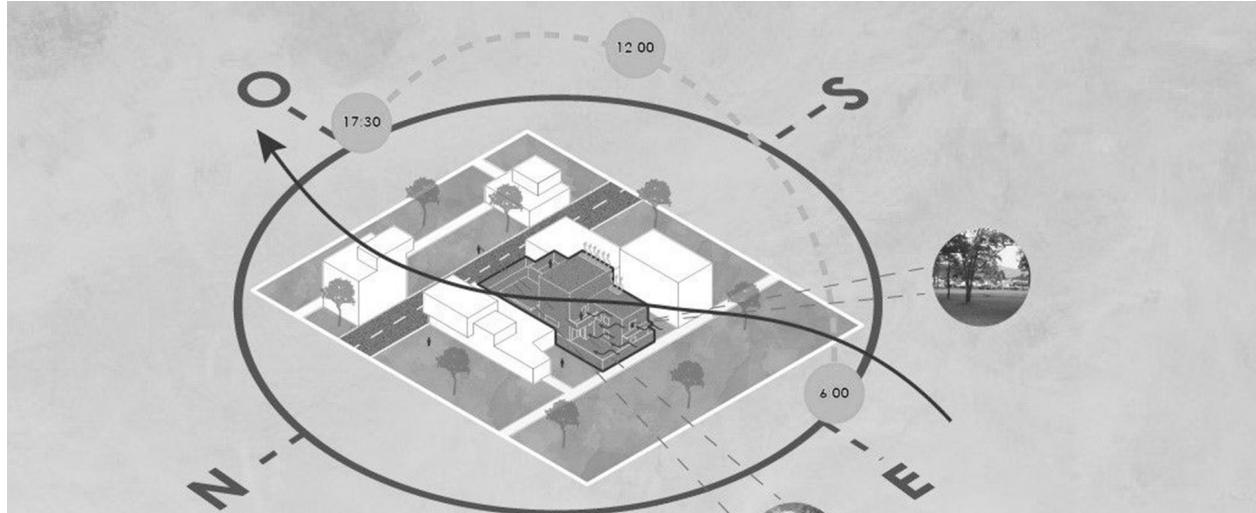


Imagen 6. Diagrama de contexto Casa Mom Apron, Vietnam Imagen obtenida de: arqui_camil [arqui_camil]. (2020, noviembre 20). Diagrama de Contexto, Casa Mom Apron, Vietnam [Fotografía]. Instagram. <https://www.instagram.com/p/CHvFP94M5k6/>

3.1.1 FACTORES DEL CLIMA

Los factores climáticos son las condiciones físicas que identifican a una región o un lugar en particular y determinan su clima. Los principales son:

Latitud: Se define como la distancia angular entre un punto sobre la superficie terrestre hacia el ecuador: se mide en grados, minutos y segundos. Este factor del clima determina la incidencia de los rayos solares sobre la tierra en un punto determinado. Este factor será determinante para la colocación de sistemas solares tanto activos como pasivos, que incluyen invernaderos, colectores para agua, photoceldas, etc.

Altitud: Es la distancia vertical de un plano horizontal hasta el nivel del mar, y se mide en metros sobre el nivel del mar (msnm). Este factor determina el clima de un lugar ya que al aumentar la latitud desciende la temperatura de la atmósfera. La altitud es un factor determinante para el diseño; en los lugares más elevados las temperaturas son menores; esto origina una arquitectura de vanos más pequeños y muros masivos. Cuando la altura aumenta aun más, es obligatorio usar cubiertas inclinadas para evitar la acumulación de nieve y hielo.

Distribución de tierra y agua: El agua, debido a su gran capacidad de almacenamiento de energía, es un importante elemento regulador del clima. Además de su atractivo visual, debemos tomar en cuenta las brisas y otros movimientos de aire que tienen su origen en la diferencia de temperaturas entre el agua y la tierra. Adicionalmente, es posible crear cuerpos de agua artificiales como estanques, espejos de agua, fuentes y surtidores que pueden cambiar las condiciones microclimáticas de una edificación.

Modificaciones del entorno: Dentro del proceso dinámico de transformación de la tierra existen dos tipos de modificaciones que puede sufrir la zona: la que genera el hombre por su actividad o la que se genera de manera natural. Sin embargo, la acción del hombre en una región o sitio se considera la más impactante de las modificaciones al entorno en el corto plazo. También, la tierra dentro de sus procesos dinámicos, presenta alteraciones o cambios en su morfología, hidrología, topografía, etc. Dentro del proceso de diseño, estas alteraciones deben considerarse, sobre todo aquellas generadas por el hombre, ya que ocurren con gran rapidez.

3.1.2 ELEMENTOS DEL CLIMA

Los elementos del clima son las propiedades físicas de la atmósfera. Estas propiedades están en continuo cambio debido a que se inscriben en ciclos dinámicos, donde la modificación de una variable afecta a las demás.

Hay cantidad de elementos del clima. Los mas importantes para el análisis en el proceso de diseño arquitectónico, son:

Temperatura: Parámetro que determina la transición de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala. Se utilizan tres tipos de escalas termométricas: grados Centígrados, Kelvin y Farenheit.

Humedad: Es el contenido de agua en el aire. Existen diversas escalas para medirla, pudiendose expresar como humedad relativa o humedad absoluta. La humedad relativa es una manifestación de energía en el aire relacionada de manera directa con la temperatura y puede afectar nuestra percepción de confort. El manejo de la humedad en el diseño es una herramienta básica de climatización pasiva por su bajo costo y enorme efecto en los espacios.

Precipitación: Agua procedente de la atmósfera que, en forma sólida o líquida, se deposita sobre la superficie de la tierra. La precipitación puede ser sensible o insensible, ya sea que tenga forma de lluvia, granizo, llovizna, nieve o rocío, bruma o niebla. La precipitación incide en la forma y extensión de las cubiertas, su grado de inclinación y materiales. Adicionalmente provee un suministro de agua no potable que puede ser reutilizada para diferentes usos en los espacios, en especial el riego y limpieza.

Viento: Se conforma por corrientes de aire producidas en la atmósfera por causas naturales. El viento se mide en la horizontal y tiene diversos atributos que lo caracterizan, como dirección, frecuencia y velocidad. Los datos de viento casi siempre se representan en una forma de rosa de los vientos, que es un círculo que tiene marcados alrededor los rumbos en que divide la vuelta de horizonte. Los rumbos se denominan de acuerdo con su orientación como norte, norte-noroeste, noreste, este-noreste, este y sus abreviaturas son N, NNE, NE, ENE, E.

3.1.3 CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS CLIMÁTICO

La agrupación de climas, de acuerdo con características atmosféricas similares, permite hacer una clasificación climatológica. La clasificación internacional de Köppen de 1936, modificada por Enriqueta García para la República Mexicana en 1964, tiene aceptación internacional aunque se basa en información climatológica esencial para la agricultura en Europa, y consiste en:

1. A	Tropical lluvioso
1.1 Af	Con lluvias todo el año
1.3Aw	Subhúmedo con lluvias en verano
2. B	Seco
2.1 Bw	Desértico
2.2 Bs	Estepario
3. C	Templado lluvioso
3.1 Cf	Húmedo con lluvias todo el año
3.2 Cm	Húmedo con lluvias en verano
3.3 Cw	Subhúmedo con lluvias en verano
4. AC	Subhúmedo con lluvias en verano
4.1 A	Semicálido del grupo A
4.2 C	Semicálido del grupo c

3.2 CONTROL SOLAR EN LA ARQUITECTURA

El uso de dispositivos de control solar, como solución el problema arquitectónico que surge del exceso de radiación en los edificios, es un recurso del diseño bioclimático que impacta en forma relevante las condiciones de confort en el interior de las edificaciones; también están muy vinculados al consumo energético para el acondicionamiento térmico.

Desde sus orígenes la arquitectura ha buscado dar abrigo y protección a sus moradores. El hombre primitivo utilizó los elementos naturales a su alcance para protegerse de los agentes climáticos adversos y de sus enemigos potenciales. Empezó habitando cuevas, y poco a poco desarrolló su capacidad de modificar su entorno y aprendió técnicas constructivas que le permitieron establecerse y emplazarse en sitios con condiciones climáticas desfavorables. Las cuevas eran seleccionadas de tal manera que fueran frescas en el verano y cálidas en invierno; orientadas para que permitieran el asoleamiento invernal, la protección solar y la buena ventilación en los meses calurosos.

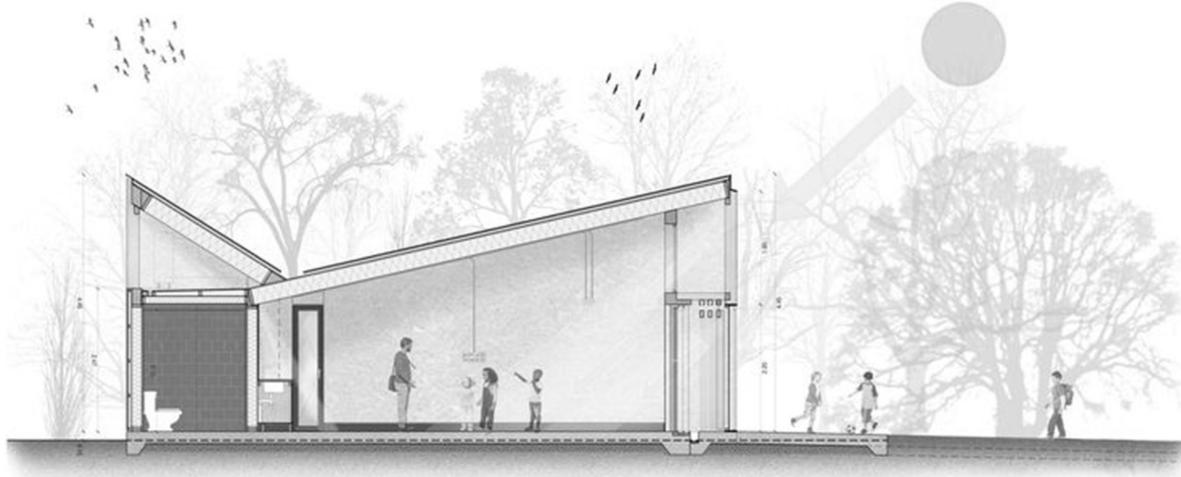


Imagen 7. Salas de clases, Santa Coloma De Gramenet, España Imagen obtenida de: Galería de AULA K / BCQ Arquitectura - 12. (s. f.). ArchDaily México. <https://www.archdaily.mx/mx/910914/aula-k-bcq-arquitectura/5c5b9949284dd1040e00045c-aula-k-bcq-arquitectura>

Este principio básico de protección climática surgió por la simple observación de la declinación solar y ha sido aplicado por todas las culturas en todos los tiempos.

Los dispositivos de control solar, como aleros, toldos, celosias, páneles, etc., ya sean elementos fijos o móviles, fueron desarrollados y usados a lo largo de la historia como sistemas de control de la incidencia de los rayos solares en la arquitectura de las diversas regiones del mundo.

Es común que las empresas diseñen sus edificios representativos o de imagen corporativa



Imagen 8. House in Lagos, Portugal by Kerimov Architects Imagen obtenida de: Garcia, S. M. (2025, 25 septiembre). Hidden House in Lagos, Portugal by Kerimov Architects. AmazingArchitecture. <https://amazingarchitecture.com/visualization/hidden-house-in-lagos-portugal-by-kerimov-architects>

en su lugar de origen y los construyan alrededor del mundo sin importar el clima, amparados en la falta de una normatividad apropiada. El status de los grupos sociales dominantes exige el referente de la arquitectura internacional. Todo ello sin menospreciar los numerosos esfuerzos de arquitectos locales en la búsqueda de alternativas propias y adecuadas para el lugar.

El paisaje urbano acristalado, sobre todo de los centros urbanos donde se concentran numerosos edificios de gran altura y consumo energético, es característico de la segunda mitad del siglo XX. Vidrios azulados, cobrizados, polarizados, son símbolo de la economía dominante; los arquitectos diseñan al igual en París, Kuala Lumpur, Hong Kong, México o Pretoria, convirtiéndose en la auténtica arquitectura de la burocracia.



3.2.1 TRAYECTORIA SOLAR Y SU INCIDENCIA EN EL DISEÑO

En la historia de la humanidad ha existido la idea de que el tiempo es cíclico y se ha medido en relación con acontecimientos concretos, en general vinculados con aspectos relevantes de la vida humana. La producción agrícola y el cambio de estaciones, los inicios del período de lluvias, la salida y puesta del sol, están vinculados con los movimientos de astros de nuestro universo y en particular con la traslación de la Tierra.

Es quizá ésta la razón por la que el hombre, desde la antigüedad, ha tenido la necesidad de establecer, medir o prefigurar la trayectoria y posición en que se encuentran los astros a lo largo del año respecto a algún sitio específico. Los motivos centrales se relacionan con el conocimiento de los fenómenos físicos de nuestro entorno y la posibilidad de predecir los ciclos vinculados con la producción de alimentos. Sin embargo, este conocimiento resulta también de utilidad para el diseño y construcción de edificios.

La necesidad de vivir en un lugar relativamente protegido, cómodo y seguro requiere de un volumen de información importante, como por ejemplo las características climatológicas del lugar.

Como ya hemos mencionado, el hombre desde la antigüedad ha percibido la relación entre los ciclos y movimientos de los astros. Dentro de la inquietud que esto presenta podemos apreciar un especial interés por el sol, ya sea como símbolo de vida y fuerza o como referente de los ciclos climatológicos. Es por ello que desde tiempos remotos encontramos artefactos y edificaciones para medir los cambios de posición del sol.

Los griegos establecieron la medición del tiempo mediante relojes solares. Se conoce como *gnómica* a la ciencia que trata de la construcción de relojes solares que permiten definir la hora, el día y la estación del año en función del ángulo y longitud de la sombra proyectada, a partir de estos métodos gráficos para la representación de la relación entre orientación, ángulos de incidencia y sombras proyectadas.

En otros ámbitos geográficos y culturales aparecen construcciones diseñadas exclusivamente para la observación del sol y de su trayectoria. Numerosos ejemplos encontramos en América, la arquitectura del mundo prehispánico, en Egipto y el lejano Oriente. Estas tradiciones y cierto romanticismo provocan propuestas contemporáneas de edificios y megainstrumentos para la observación de la trayectoria solar.

3.2.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

Es común pensar que los dispositivos de control solar son elementos que se agregan a las ventanas con el fin de resolver este problema. Sin embargo, esto es parcialmente cierto pero conceptualmente erróneo, ya que el control solar debe ser inherente al diseño integral de la edificación.

Debemos recordar que los rayos solares contienen dos componentes: la energía térmica y la lumínica, de tal forma que el diseño de los dispositivos debe considerar ambos factores. Es decir, que cuando diseñamos fachadas y aberturas debemos tener presente los valores térmico y lumínico. A continuación se abordan los dispositivos de los dos tipos.

El primer recurso de control solar es la propia forma, así como la configuración espacial y la orientación del proyecto.



Imagen 9. Oaxaca's Historical Archive Building Centro cultural Santa Lucía del Camino, México Imagen obtenida de: Gallery of Oaxaca's Historical Archive Building / Mendaro Arquitectos - 9. (s. f.). ArchDaily. https://www.archdaily.com/868849/edificio-del-archivo-historico-del-estado-de-oaxaca-mendaro-arquitectos/58eac32fe58ecebb93000227-edificio-del-archivo-historico-del-estado-de-oaxaca-mendaro-arquitectos-photo?next_project=no



Imagen 10. Oaxaca's Historical Archive Building Centro cultural Santa Lucía del Camino, México Imagen obtenida de: Gallery of Oaxaca's Historical Archive Building / Mendaro Arquitectos - 9. (s. f.). ArchDaily. https://www.archdaily.com/868849/edificio-del-archivo-historico-del-estado-de-oaxaca-mendaro-arquitectos/58eac32fe58ecebb93000227-edificio-del-archivo-historico-del-estado-de-oaxaca-mendaro-arquitectos-photo?next_project=no

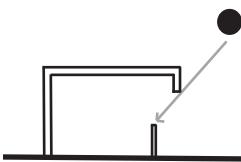
Además de la importancia obvia de la orientación general del proyecto, también hay que considerar la ubicación de cada uno de los espacios dependiendo su uso.

En términos generales los dispositivos de control solar pueden agruparse en función de su posición respecto a los planos definidores del espacio arquitectónico y, en particular, de la fachada o tanto encontraremos sistemas de control: horizontales, verticales y mixtos. A continuación se enuncian las principales soluciones arquitectónicas, como también aquellas con dispositivos no arquitectónicos.

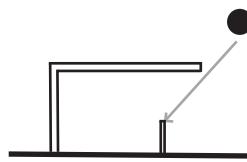
Horizontales

Alero, volado o voladizo. El volado o voladizo se refiere a cualquier elemento que sobresale del parámetro vertical o de la fachada, mientras que el alero normalmente se forma por la extensión de la techumbre (alero continuo) que rebasa los muros.

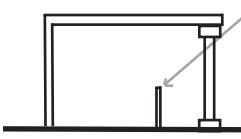
Faldón: Vertiente triangular de ciertos tejados, limitada por dos limas de alero. Actualmente puede ser cualquier elemento vertical que pende de un extremo de un volado.



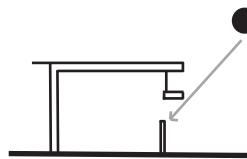
Aleros: Son fines de protección en fachada como en andadores y banquetas, ya sea para proteger del sol o de la lluvia.



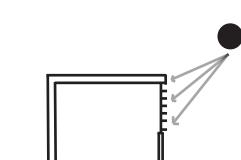
Pórtico: Espacio cubierto, sostenido por arcadas o columnas, ubicado a lo largo de una fachada. Transición entre espacios abiertos y cerrados.



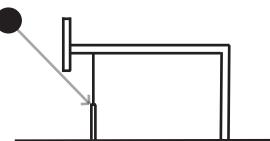
Repisa: Elementos volados horizontales ubicados dentro del claro de la ventana. Se usan como dispositivo de iluminación natural.



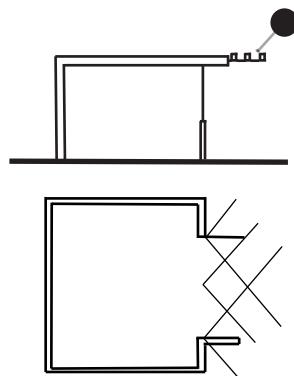
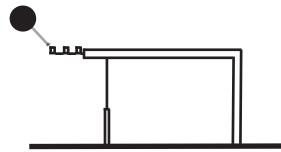
Persiana (Horizontal): Formado por elementos horizontales que permiten el paso de la luz y el aire pero no del sol. Pueden ser exteriores o interiores.



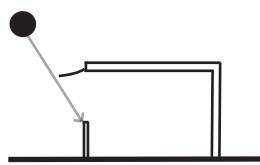
Pantalla: Elemento que sirve para obstruir los rayos solares. Elemento vertical colocado frente a la ventana. A diferencia del faldón, no está unida al alero, puede ser suspendida.



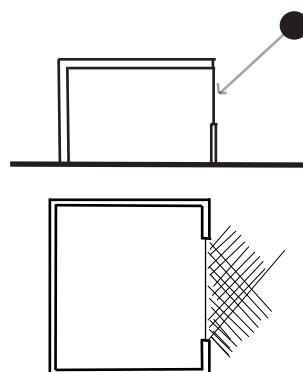
Pérgola: Enrejado abierto a manera de techumbre, generalmente asociada con vegetación de enredaderas.



Toldo: Cubierta fija o plegable fabricada con lona u otro tipo de tela. Ventaja al poder ser translúcida, por lo que se puede controlar los niveles de iluminación.

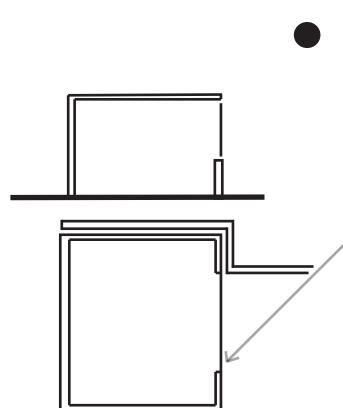
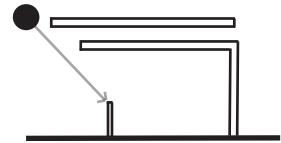


Partesol: Elemento vertical saledizo de la fachada que bloquea los rayos solares. Se coloca perpendicular u oblicuo a la fachada; puede ser parte de ella o separado.



Persiana (Vertical): Dispositivo formado por tablillas verticales que permite el paso de la luz y del aire pero no del sol. Las persianas pueden ser exteriores o interiores y fijas o giratorias en su eje vertical.

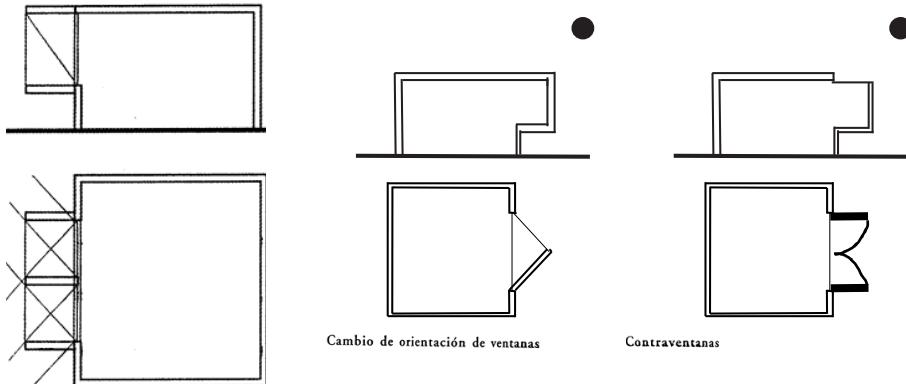
Techo escudo: Doble techumbre con espacio interior. Tiene por objeto sombrear la totalidad de la techumbre y así evitar la ganancia térmica por radiación solar.



Muro doble con el espacio interior o cámara de aire ventilada. Tiene por objeto sombrear la totalidad del muro y así evitar la ganancia térmica por radiación solar.

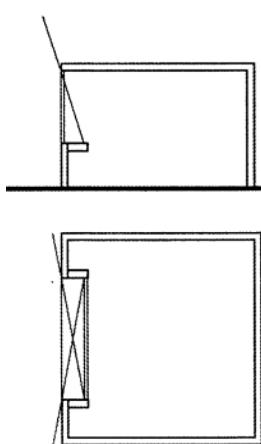
Verticales

Marco: Dispositivo de control solar formado por la combinación de alero, repisón y partesoles, de tal manera que el perímetro del vano está rodeado por voladizos y saledizos.



Cambio de orientación de ventanas: En ocasiones, cuando la orientación de la fachada es inadecuada es conveniente cambiar la orientación de las ventanas.

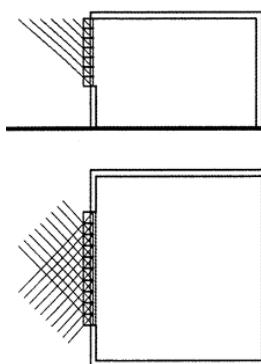
Remetimiento de ventanas: se hace del acristalamiento para que quede protegido del sol (como dispositivo de iluminación suele tener parámetros abocinados).

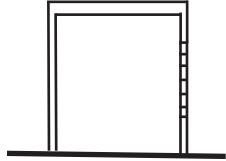


Remetimiento de ve

Contraventanas ciegas, tipo persiana o celosía. Pueden ser de hoja completa o seccionada; y también pueden ser exteriores o interiores.

Celosía: Combinación de persianas horizontales y verticales, o cualquier otro entramado usado como protección solar (y visual).





Nuevos acristalamientos: En la actualidad se cuenta con nuevos tipos de acristalamiento para el control solar y de alta eficiencia térmica que pueden ser utilizados como capa aislante, por ejemplo:

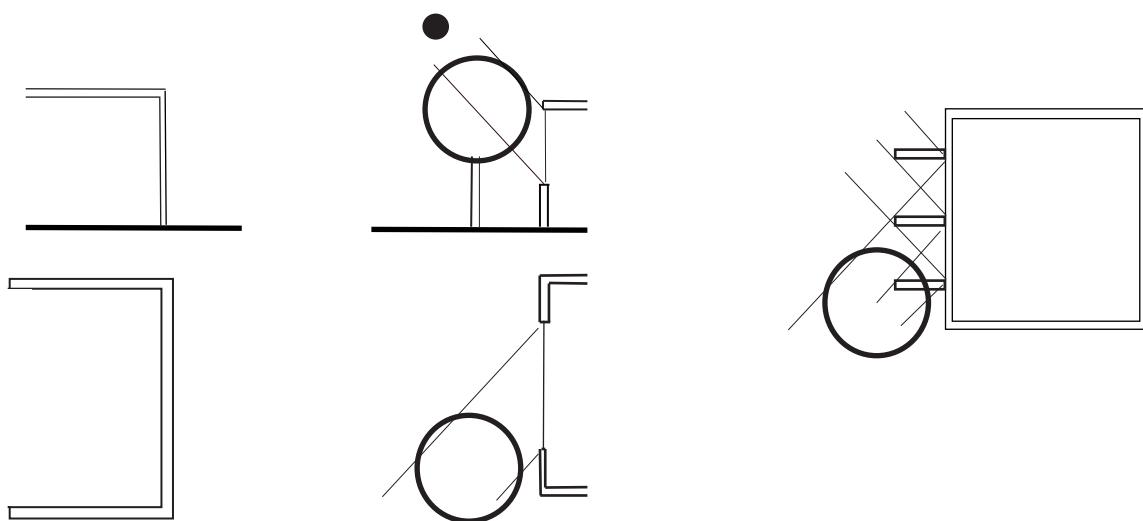
Acristalamientos de micropersianas MicroSun, estan formados por un doble acristalamiento y una retícula de persianas diminutas que impiden el asoleamiento directo en el rango deseado. (MicroSun Shielding Louvre, SIEMENS AG. Traunreut, Alemania)

Acristalamientos con estructura tubular o capilar intermedia o con cápsulas de materiales aislantes, tales como Helioran(Helorian, Schott-Rohrglas GmbH, Bayreuth, Alemania.), Kapilux (Kapipane y Kapilux, Okalux Kapillarglas GmbH, Alemania.)y Solfas (SolFas, Ernst Schweizer AG, Hedingen, Alemania.), todos ellos con alta eficiencia térmica y control de asoleamiento.

Elementos no arquitectónicos

01. Cortinas y persianas interiores: Tienen como función el control visual, lumínico y del asoleamiento, sin embargo, no desarrollan un buen control térmico, puesto que la radiación solar atraviesa el acristalamiento sin obstrucción, impactando térmicamente el espacio.

02. Vegetación: Es un excelente dispositivo de control térmico, ya que es un elemento vivo, dinámico que puede permitir diversos grados de control en distintas épocas del año. Es necesario elegir cuidadosamente las especies caducifolias (**D4**) o perennifolias (**D5**) que se van a utilizar, en función de los requerimientos térmicos de los espacios interiores.



3.3 LA VENTILACIÓN EN LA ARQUITECTURA

El concepto arquitectónico está relacionado con los parámetros ambientales y al uso que se hace de ellos. El viento es uno de los parámetros más importantes a considerar en la arquitectura, ya sea para captarlo, evitarlo o controlarlo. Es un elemento de climatización pasiva que ha sido utilizado de manera muy importante en la arquitectura de todos los tiempos y en todo lugar.

La ventilación es la principal estrategia a tomar en cuenta los climas cálidos, tanto secos como húmedos, pero también en los climas fríos ya que es necesario protegerse del viento y controlar las infiltraciones. En los climas templados habrá épocas con necesidades de ventilación y otras de control.

Para generar una adecuada ventilación en la arquitectura es necesario comprender cómo se comporta el viento y de qué manera pueden aprovecharse los patrones que sigue en su recorrido a través de las edificaciones. A continuación se presentan los principios básicos de ventilación; primero se hace una descripción del comportamiento general (planteario) y local (regional) del viento. El objetivo principal es mostrar el comportamiento del viento en relación con la arquitectura y como puede ser utilizado como sistema pasivo de climatización natural.

Imagen 11. La Madriguera House, Guadalajara, Mexico Imagen obtenida de: Alvarez, L. (2025, 26 septiembre). La Madriguera House, Guadalajara, Mexico by Franco Studio + Dixer. AmazingArchitecture. <https://amazingarchitecture.com/visualization/la-madriguera-house-guadalajara-mexico-by-franco-studio-dixer>



3.3.1 VIENTOS GENERALES

El viento es una corriente de aire en movimiento horizontal, que se genera debido a las diferencias de temperatura y presión atmosféricas, las cuales se originan por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre: mientras el Sol calienta el aire, agua y suelo de un lado de la Tierra, el otro lado es enfriado por la emisión nocturna de radiación hacia el espacio.

Los patrones de circulación del viento en el planeta son el resultado combinado de los flujos convectivos con el efecto de rotación terrestre. En el movimiento del aire, tanto su velocidad como su dirección están gobernadas por una combinación de cuatro fuerzas: sustentación, peso, empuje y resistencia (**12.**)

3.3.2 VIENTOS LOCALES

Los vientos de gran escala generalmente dominan: pueden ser alterados o modificados por los vientos locales o convectivos. Los principales vientos convectivos son: los vientos del valle, los vientos de lareda y las brisas de mar y terral. El fenómeno de estos últimos, que son mas característicos y notorios, es el siguiente: un océano se calentará mas lentamente que la tierra adyacente debido a que el agua tiene gran capacidad calorífica; asimismo, el océano se enfriará más lentamente que la tierra.

Estas diferencias de calentamiento y enfriamiento traerán como consecuencia grandes movimientos de aire. Durante el día, la tierra calentada provocará una corriente ascendente en el aire, el cual será reemplazado por la brisa del aire fresco del mar.

3.3.3 NECESIDAD DE AIRE

El primer requerimiento en términos de necesidad humana y de vida de plantas y animales es el adecuado abastecimiento de oxígeno a través de aire fresco.

La cantidad de aire necesaria por una persona dependerá del tipo de actividad que esté desarrollando y de la calidad del aire disponible. Un aire puro contiene una proporción de 0.03% de CO₂, pero en zonas urbanas esta concentración puede elevarse hasta 0.07 o 0.1%. Los efectos nocivos se empezarán a presentar al rebasar esta última cifra. Si un adulto en reposo emite aproximadamente 0.015m³/h de CO₂ tendremos que una

persona requerirá 30 m³/h de aire puro, pero esta cifra se puede elevar hasta 50 m³/h si se encuentra en la ciudad. (13.)

3.3.4 VIENTO Y ARQUITECTURA

Comportamiento del viento en una construcción: Cuando el viento pega en un edificio se crea una zona de presión alta en la cara frontal; el viento rodea al edificio y da zonas de baja presión en las caras laterales y en la cara posterior. Naturalmente el aire entra por las zonas de alta presión y sale por las zonas de baja presión.

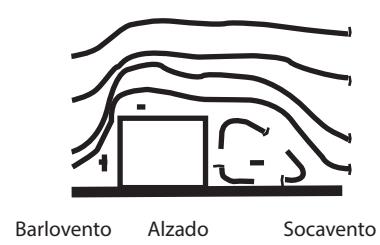
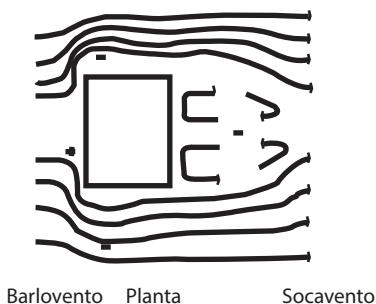
Comportamiento del viento dentro del edificio: La localización y tipo de abertura de entrada determina el patrón del flujo de aire a través de un edificio.

Al tener una abertura localizada al centro de un muro, tendremos igual presión en ambos lados de dicha abertura por lo que el viento entrara de frente a dicha habitación. Si la abertura no está al centro, la presión en ambos muros sera desigual, lo que originará que el flujo de entrada será diagonal con el sentido que provoca la zona de mayor presión.

La variaciones en los patrones del flujo de aire son causadas por la desigual presión alrededor de las aberturas de entrada, como un resultado de su localización con respecto a la superficie de muro sólido que las rodea.

El tipo de abertura también es muy importante; existen muchos tipos de ventanas en el mercado que, al usarse en aberturas de entrada, nos da una gran variedad de patrones de flujo de aire.

Nosotros debemos conocer las ventajas y limitaciones de los diferentes tipos de ventanas para emplearlos de manera inteligente en cada caso particular.



Comportamiento del viento alrededor de una construcción (Planta).

Comportamiento del viento alrededor de una construcción (Corte).

3.3.5 EFECTO DE LA VEGETACIÓN EN LOS EDIFICIOS

Todos los elementos circundantes a un edificio, como la vegetación, tienen efecto en los patrones del flujo del aire y en la velocidad del viento. Mediante la disposición de elementos vegetales, como plantas, árboles, arbustos, setos, etc, incluyendo cercas y bardas, podemos crear zonas de alta o baja presión alrededor de una casa o edificación, y provocar corrientes de aire dentro del edificio. Este criterio es muy útil, sobre todo en edificaciones ya construidas que tienen una orientación desfavorable con respecto a los vientos locales predominantes.

Debemos disponer la vegetación con el fin de inducir el flujo del aire al interior del edificio y en especial sobre la zona habitable, creando movimientos directos y acelerados. Durante el periodo de bajo calentamiento podemos utilizar la vegetación como barrera contra el viento frío.

Imagen 13. La Taboada, Colombia Imagen obtenida de: Galería de El Taller de Arquitectos diseñará remodelación del espacio público de La Tebaida, Colombia - 6. (s. f.). ArchDaily México. https://www.archdaily.mx/mx/896778/el-taller-de-arquitectos-disenara-remodelacion-del-espacio-publico-de-la-tebaida-colombia/5b2a551df97cc7d1900001f-el-taller-de-arquitectos-disenara-remodelacion-del-espacio-publico-de-la-tebaida-colombia-imagen?next_project=no

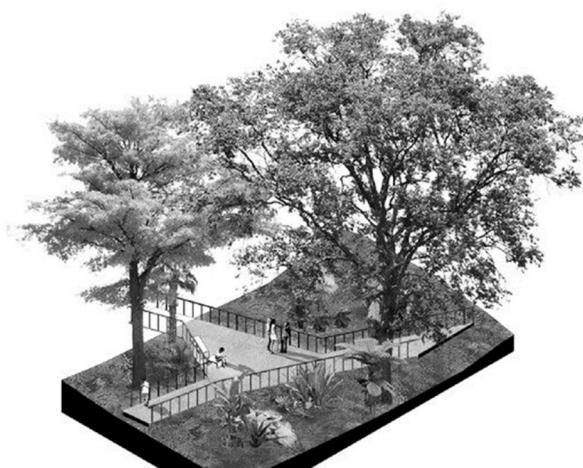


Imagen 12. Casa escondida en Lagos, Portugal Imagen obtenida de: Garcia, S. M. (2025, 25 septiembre). Hidden House in Lagos, Portugal by Kerimov Architects. AmazingArchitecture. <https://amazingarchitecture.com/visualization/hidden-house-in-lagos-portugal-by-kerimov-architects>

Los patrones de flujo de aire pueden variar con el hecho de acercar o alejar un arbusto o árbol de la abertura de entrada. La combinación de arbustos y árboles nos dará todavía más patrones de viento de los cuales podemos sacar ventaja para nuestros proyectos y, por tanto, esto se traducirá en términos del confort para los usuarios.

3.3.6 VIENTO INDESEABLE

Dentro del diseño bioclimático, el análisis y manejo del viento es sumamente importante pues en un clima frío, por ejemplo, el viento puede llegar a ser indeseable, mientras que en un clima tropical, cálido-húmedo, lo mas seguro es que sea la principal estrategia de diseño. Un viento indeseable puede ser:

01. Cuando es muy frío (Temperatura del aire inferior a la zona de confort)
02. Cuando es muy cálido (Temperatura del aire superior a 35°)
03. Cuando está contaminado
04. Cuando es superior a 2 m/s
05. Cuando se encuentra en condiciones especiales, como tornados o ciclones.

Los parámetros de estudio deben considerar la velocidad, dirección, frecuencia y turbulencia local y particular.

El uso de la vegetación en el diseño bioclimático es de gran importancia desde el punto de vista mecánico, por su relación con el viento, pero también desde el punto de vista biotérmico y sensorial.



Imagen 14. Tormenta tropical Dorian, cruzando el océano el océano Atlántico, dirigiéndose hacia Florida Imagen obtenida de: Court, A., & Associated. (2019, 25 agosto). Tropical Storm Dorian could develop into a HURRICANE as it heads across Atlantic. Mail Online. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-7389787/Tropical-Storm-Ivo-weakening-cooler-waters-Mexico.html>

3.4 LA ILUMINACIÓN EN LA ARQUITECTURA

La integración de la luz en las edificaciones comprende los componentes natural y artificial. Ambas deben complementarse. El conocimiento de las características, propiedades y diferencias de las diversas fuentes luminosas es indispensable para la realización de un proyecto arquitectónico idóneo. Esta situación implica considerar a la luz, tanto natural como artificial, con un concepto de sinergia y ambivalencia. Por tanto, la iluminación de los espacios de una edificación y de diversas actividades de los usuarios deben integrarse en un concepto que brinde condiciones óptimas, tanto de día como de noche. La combinación e integración armónica de la luz natural y artificial deben resaltar los atributos arquitectónicos de las edificaciones, de tal manera que se obtenga un resultado armónico de los espacios, las formas, las superficies, los acabados, los colores, las texturas y el sistema lumínico artificial seleccionado.

3.4.1 PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA LUZ

El hombre, en su estado natural, ha actuado como un depredador y ha llevado a cabo actividades al exterior que son diferentes -cuantitativa y cualitativamente- a las que realiza el hombre contemporáneo en los espacios interiores.

Un concepto básico que se presenta en estas diferencias es la adaptación a su ambiente natural, circunstancia que surge a partir del siglo XX cuando se empieza a utilizar fuentes de iluminación artificial. Este factor conduce, en muchos casos a ignorar el enorme potencial de la luz natural disponible en la mayoría de regiones del planeta.

Las tareas visuales del mundo moderno implican el estudio de diversos factores; en la medida que estas tareas son mas sofisticadas, aumenta el grado de complejidad de los factores implícitos.

El diseño adecuado de la iluminación intramuros es a menudo un compromiso entre la eficiencia visual, el confort visual y el grado de satisfacción estética.

La luz natural tiene gran importancia para la arquitectura, es un aliado indispensable para el arquitecto. Sin su presencia, no es posible tener una percepción y experiencia visual de nuestro entorno. Se conocen diversas experiencias de arquitectos que, a través de la historia, han manifestado la importancia que la luz tiene en la arquitectura y el urbanismo.

3.4.2 LUZ NATURAL Y VISIÓN. EL COLOR Y SU INFLUENCIA

La fuente de luz natural diurna por excelencia proviene del sol, acompañada siempre de radiación térmica o de radiación de longitud de onda corta. El sol que es la fuente primaria de luz natural, envía también a la tierra grandes cantidades de radiación solar en la región del corto infrarrojo. La comprensión de la distinción entre los atributos lumínicos y térmicos de la radiación solar es un factor clave para su óptima utilización en la arquitectura.

Imagen 15. Mesa Arts Center de Antoine Predock Imagen obtenida de: Amelar, S. (2024, 5 marzo). Tribute: Antoine Predock (1936–2024). Architectural Record. <https://www.architecturalrecord.com/articles/16768-tribute-antoine-predock-19362024>



Si se considera que la luz es la manifestación visual de la energía solar radiante, está íntimamente relacionada con las sensaciones humanas. Los objetos los percibimos básicamente por la luz reflejada de éstos y por las diferencias en sus propiedades de brillantez y color.

El contacto que tienen los usuarios con las edificaciones es precisamente por medio de la visión y ésta necesita de la luz para hacerse presente. El control luminoso se establece por medio de los siguientes factores:

01. Intensidad
02. Color
03. Tipo de fuente luminosa
04. Ubicación
05. Distribución
06. Superficies reflejantes de la luz

Imagen 16. Juvet Landscape Hotel, diseñado por los arquitectos Jensen & Skodvin. Imagen obtenida de: De Arquitectura, B. (s. f.). ¿Por qué los villanos de las películas viven en buenas casas? Noticias de Arquitectura - Buscador de Arquitectura. <https://noticias.arq.com.mx/Detalles/24053.html>



La interacción y el manejo de estos factores determinan el efecto resultante. Es indispensable que la combinación de estos factores esté orientada a satisfacer los requerimientos de los usuarios en sus diversos espacios y acorde a su función específica.

Para percibir los objetos, es indispensable que éstos reflejen la luz incidente. Sin la presencia de este fenómeno de reflectancia (**D9.**) es imposible que el fenómeno lumínico se manifieste plenamente. Esto significa que nuestra impresión de cualquier objeto y sus detalles está determinada por la manera en que la luz incidente es reflejada.

Por tanto, algunas propiedades físicas, como las texturas y colores de los materiales o acabados, pueden realzarse o atenuarse. Ciertamente, el aspecto de un espacio puede cambiar drásticamente en función de la iluminación incidente.

3.4.3 EL COLOR DE LA LUZ. INFLUENCIA EN LA ARQUITECTURA

La influencia del color en el hombre y su hábitat es un aspecto estudiado por diversos investigadores. A pesar de no existir una teoría absoluta acerca de esta influencia, es incuestionable que el color o colores que los ocupantes de un espacio arquitectónico o urbano perciben tienen relación directa con el estado emocional, anímico y con respuestas fisiológicas definidas con relativa precisión. Aun cuando no todas las personas reaccionan de igual forma ante la manifestación de un color determinado, casi siempre se presentan reacciones conscientes o inconscientes de tipo psicofisiológico; una aplicación cromática adecuada puede incluso influir en las condiciones de confort psicológico, así como en las actividades de trabajo del usuario, su eficiencia, productividad, estado de ánimo y sobre todo en su salud. Por tanto el color juega un papel muy importante en la solución exitosa de un proyecto arquitectónico o urbano.

A continuación se mencionan algunas influencias y asociaciones de los colores:

Amarillo: Color cálido. Color del sol, de la luz, que se asocia con la inteligencia y la arrogancia e intensidad en las emociones.

Azul: Color frío, básico de la naturaleza. Es el color predominante del planeta por su alto porcentaje de cuerpos de agua en océanos, ríos, lagunas, etc. Se asocia con las emociones profundas, la reflexión y el juicio. Propicia el relajamiento y la concentración

Blanco: Suma de todos los colores. Representa pureza, lo absoluto y la perfección.

Café: Color neutro, es el color de la tierra. Presenta un carácter orgánico. Se asocia con el sentido de la protección y el arraigo.

Gris: Color neutro, que se asocia con imparcialidad y neutralidad.

Naranja: Color cálido. Color secundario que se obtiene de la mezcla del amarillo y rojo. Es más cálido que el amarillo. Es estimulante, excitante y produce entusiasmo. Se asocia al ardor, la atracción y la pasión. Utilizado en grandes cantidades puede resultar muy agresivo y violento. Es más conveniente usarlo en áreas de menores dimensiones.

Rojo: Color cálido, asociado con la calidez, a la excitación y al apasionamiento. Al degradarse y convertirse en color rosa pierde gran parte de sus propiedades y se relaciona con la absorción de la energía vital corporal, la feminidad, la ternura y la juventud.

Verde: Color frío, Color secundario que se obtiene de la mezcla del amarillo y azul. El azul ejerce una fuerte influencia sobre el verde. Ambos son los colores predominantes del planeta. Estos colores se asocian y relacionan directamente con las condiciones climáticas del planeta. En climas cálido secos, el color verde se torna en diferentes tonalidades de amarillos y cafés. En climas cálido-húmedos el verde se intensifica y contrasta fuertemente con el azul del cielo y de los cuerpos de agua. El verde tiene fuertes propiedades tranquilizantes, de adaptación y expectativas favorables. Es el color de la esperanza.

Violeta: Color que se encuentra en el extremo del espectro electromagnético de la luz visible, Es el color mas frío y oscuro en su valor tenuel puro, es decir, sin mezclarlo con negro. Se asocia con virtudes humanas como la bondad, la espiritualidad, la humildad, la lealdad, tolerancia y la paciencia.



Imagen 17. Ciudad Johannesburgo, Sudáfrica Imagen obtenida de: Dwart. (s. f.-b.). Johannesburgo de la ciudad al atardecer. iStock. <https://www.istockphoto.com/es/foto/johannesburgo-de-la-ciudad-al-atardecer-gm478991954-67691605>

En relación con los colores y su influencia en el hombre se podrían mencionar más aspectos. Lo importante es su manejo adecuado, considerando diversas variables, como:

01. Relación con el impacto del clima en la “piel constructiva” del edificio, es decir, si es un clima cálido, el color utilizado en las fachadas deberá ser de alta reflectancia; si el clima es templado o frío, los colores de la envolvente constructiva en su exterior deben ser de baja reflectancia.
02. Función a realizar en el interior de los espacios, para la obtención del confort visual y lumínico de los usuarios, a nivel cuantitativo y cualitativo.
03. Estética de los espacios, exteriores e interiores.
04. Integración y combinación armónica con colores en las superficies constructivas.
05. Efectos psicológico y emocional deseable.

3.4.4 EL ENTORNO LUMÍNICO Y LA PERCEPCIÓN DEL USUARIO

El fenómeno lumínico contribuye a que los usuarios perciban el espacio y tengan conciencia de éste por medio del registro de imágenes sucesivas, concurrentes y asociativas. Por ello, es indispensable que el diseñador genere un ambiente lumínico-visual propicio, de tal manera que las percepciones e impresiones sensoriales refuerzen los patrones conductuales relacionados con las diversas actividades que realice el usuario en sus espacios. El sentido de la vista es esencial, ya que permite captar las relaciones, apreciar y conocer los objetos y sus detalles. Por medio de la vista es posible determinar los procesos implícitos de orientación del entorno físico circundante y la formación de impresiones espaciales tridimensionales. Para lograr lo anterior favorablemente, es necesario contar con condiciones óptimas de iluminación, desde los puntos de vista cuantitativo y cualitativo.

Las condiciones de iluminación tienen el potencial de favorecer la percepción del espacio y entornos circundantes. Es indispensable que el diseñador maneje la luz para destacar y realizar la forma de las edificaciones, sus aspectos conceptuales en las partes estructurales y constructivas.

3.4.5 TIPOS Y FUENTES DE ILUMINACIÓN EN LAS EDIFICACIONES

Un buen diseño de iluminación no necesariamente implica el uso de grandes ventanas. La clave es el manejo equilibrado de la luz, cuantitativa y cualitativamente, en términos más amplios y sensitivos del diseño en la arquitectura. La luz natural que penetra en un espacio debe considerar la cantidad adecuada y una distribución acorde a las tareas a realizar, para satisfacer necesidades biológicas, fisiológicas y psicológicas de los ocupantes. El deslumbramiento de la luz debe controlarse y evitarse en lo posible, para asegurar condiciones confortables y placenteras desde los puntos de vista lumínicos y visuales.

Algunos factores que afectan el diseño de la luz natural en las edificaciones incluyen:

01. Tipo de fuente luminosa
02. Variaciones en la cantidad disponible, causadas por la posición e intensidad de la luz solar
03. Luminancia y distribución de la luminancia de cielos despejados, parcialmente nublados o totalmente nublados
04. Efectos del entorno circundante. Edificios, elementos del paisaje, topografía y la vegetación
05. Deslumbramientos y patrones de luminancia circundantes

Por tanto, las estrategias de diseño utilizadas para admitir la luz natural en las edificaciones deben responder a todos los factores antes referidos.

Las fuentes de luz provenientes del Sol, el cielo y de superficies circundantes que inciden y se distribuyen en los espacios interiores de las edificaciones se componen de:

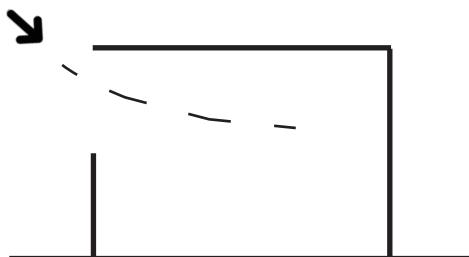
01. Componente directa:
02. Componente difusa
03. Componente reflejada, externa e interna

Comparado con el sol directo, el cielo de la bóveda celeste imaginaria tiene un área visual muy grande y una luminancia relativamente baja. La cantidad de luz natural que proviene de un cielo difuso depende de la posición del sol y de las condiciones atmosféricas de transparencia. La distribución de la luminancia de un cielo nublado varía según el lugar (altitud), hora del día, densidad y uniformidad del cielo difuso. Un cielo uniformemente nublado es 2.5 a 3 veces más brillante en el cenit que en el horizonte. La luminancia del cielo en un día despejado varía con la posición del sol y la cantidad de polvo y partículas atmosféricas. Con excepción de la región inmediatamente circundante del sol, donde la iluminancia es máxima, el cielo despejado es normalmente más brillante cerca del horizonte que en el cenit. En este tipo de cielo, la luminancia mínima a 90° en dirección opuesta al lugar donde se encuentra el sol.

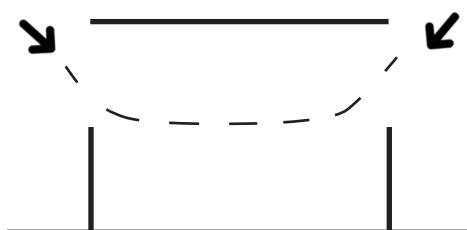
Direccionalidad de la luz en las edificaciones

Puede provenir de la siguiente manera:

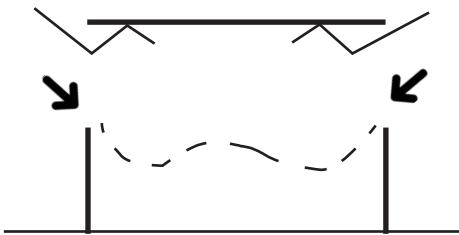
Unilateral: La distribución de la iluminación es muy irregular, siendo muy elevada en la región cercana a la ventana y muy baja en la parte profunda del espacio. El contraste de proporción de brillantez es muy alto y esto provoca falta de confort lumínico en el espacio.



Bilateral: La distribución de iluminación es más uniforme y se mejoran los niveles de luminancia. Se reducen los efectos de excesivo contraste y brillantez en las regiones cercanas a las aberturas y esto contribuye a lograr condiciones de confort lumínico de los usuarios en el espacio.



Cenital: La distribución de la iluminación puede ser mas uniforme en las zonas donde incide el flujo luminoso directo y/o reflejado de superficies secundarias. Es indispensable que se integren dispositivos de control solar y sombreado para evitar el impacto directo en las áreas donde se realicen tareas visuales, particularmente en climas predominantes cálidos, para lograr condiciones de confort lumínico de los usuarios en el espacio.



3.4.6 LUZ NATURAL Y SU INTERACCIÓN EN LAS EDIFICACIONES Y EL ENTORNO URBANO EXTERIOR

La habilidad del hombre de integrar el uso de la luz natural en los edificios comenzó con la comprensión de los movimientos cílicos del sol, como principal elemento del entorno circundante. La predicción de los periodos de asoleamiento y su modificación por efecto del clima formaron la base de actividades diurnas y estacionales del hombre. Los ciclos rítmicos del sol fueron establecidos por nuestros antepasados en múltiples monumentos ceremoniales, relojes o marcadores solares y estructuras cotidianas, diseñadas para relacionar de manera particular tales procesos y las condiciones climáticas locales resultantes.

La alianza y la armonía del hábitat tradicional del hombre con el ambiente natural ha permitido lograr un albergue bien iluminado y térmicamente responsivo, que los constructores con sentido común han desarrollado para propagar la arquitectura tradicional que ha pasado de una generación a otra hasta nuestros días. Sin embargo, esta arquitectura, caracterizada por su integración armónica, desapareció en las diversas regiones del planeta, y sus ventajas y beneficios se han ignorado casi en su totalidad.

El objetivo principal de un sistema lumínico es proporcionar la adecuada visibilidad para la óptima realización de las diversas tareas de los usuarios en sus espacios arquitectónicos, de tal manera que puedan llevar a cabo sus actividades con condiciones de confort lumínico y visual para lograr niveles óptimos de eficiencia y productividad en las tareas a realizar. Para alcanzar una iluminación adecuada, es indispensable contar

con niveles de luz eficientes (cantidad de luz) y con las características apropiadas (calidad de luz). Se pueden tener sistemas lumínicos con luz incidente directa o bien reflejada de superficies circundantes (fuentes secundarias de luz), considerando su color, tono, textura, reflectancia lumínica, tamaño, geometría y ubicación, entre otras.

Desde el punto de vista psicológico, la luz también afecta diversos aspectos del usuario, tales como eficiencia y productividad en el trabajo, ritmos biológicos, estado de ánimo, sensación de bienestar y sobre todo tiene una relación directa con los estados de salud. Los científicos han identificado cuatro factores claves que tienen influencia sobre los efectos de la luz en los seres vivos:

01. Intensidad
02. Duración
03. Sincronización
04. Distribución espectral

Imagen 19. Buenos Aires, Argentina, y muestra los edificios de Puerto Madero, vistos desde la Reserva Ecológica Costanera Sur. Imagen obtenida de: <https://buenosaires.gob.ar/vicejefatura/ambiente/reservas-ecologicas/reserva-ecologica-costanera-sur>



Cada uno de estos parámetros influye en los ritmos biológicos tales como: sueño, vigilia, apetito y temperatura corporal, tanto en los seres humanos como en los animales. Otro de los mecanismos clave en este movimiento de reloj interno es la secreción durante períodos de oscuridad de una hormona llamada melatonina (**D10.**), que se secreta la glándula pineal. En lugares de latitudes altas, la falta de luz natural en invierno es un serio problema que afecta severamente a los usuarios que permanecen mucho tiempo intramuros y provoca serios problemas psicofisiológicos, sobre todo con severas manifestaciones depresivas.



Imagen 18. São Paulo, Brasil Imagen obtenida de: Paixão, L. (2023, agosto 25). 5 cidades mais verdes do Brasil: explorando a sustentabilidade urbana. Aarquiteta. <https://www.aarquiteta.com.br/blog/5-cidades-mais-verdes-do-brasil-explorando-a-sustentabilidade-urbana/>

Por lo que respecta a los diversos espacios arquitectónicos y urbanos de un entorno, un

diseño lumínico óptimo debe establecer una sensación de dirección visual, de perspectiva y enfoque de los objetos circundantes. La percepción subjetiva del espacio visual, está relacionada con los diversos patrones, niveles y rangos de luminancia o brillantez de las superficies y objetos iluminados, al igual que su conformación y organización. En lo que concierne al color de la luz, es importante mencionar que sus cambios pueden modificar y alterar los juicios subconscientes relacionados con las condiciones del ambiente general del entorno físico que el usuario percibe, tanto a nivel arquitectónico como urbano.



Imagen 20 y 21. estas dos imágenes no corresponden a edificaciones reales, sino a renders conceptuales, provenientes del proyecto "Dune-collection" Imagenes obtenidas de: Behance. (s. f.). <https://www.behance.net/gallery/201966821/DUNE-COLLECTION>

04.

VARIABLES
CLIMÁTICAS
DEL HOSPITAL DE
ESPECIALIDADES
IMSS-TLAXCOAPAN

4.1 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN UNIDADES DE SALUD

La arquitectura hospitalaria es un género de la arquitectura que, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2022), debe salvaguardarse, conservarse, y gestionarse, ya que guarda estrecha relación con la salud y sostenibilidad en las ciudades, para el desarrollo económico y la inclusión social. En ese sentido, los objetivos de la arquitectura bioclimática corresponden con lo que se espera dentro de una unidad médica ya que facilitan condiciones de confort que promueven la salud de los usuarios. (17.)

La salud es una variable con metas sociales y ambientales. El diseño bioclimático en la arquitectura hospitalaria no solo ofrece ventajas en eficiencia energética y sostenibilidad, sino que también contribuye al bienestar de pacientes y personal médico. La conexión con naturaleza, la maximización de la luz natural y creación de espacios que fomentan la sanación son aspectos esenciales de este enfoque.

En un momento en que la salud ambiental y humana se entrelazan más que nunca, la arquitectura bioclimática en el diseño hospitalario emerge como una solución que aborda tanto las necesidades del presente como la sostenibilidad a largo plazo. (D8.)



Imagen 22, Plasencia Centro Sociosanitario Imagen obtenida de: Jimenez & Linares · PLASENCIA · Centro sociosanitario. (2020, 22 septiembre). Jimenez & Linares. <https://jimenezlinares.com/proyectos/plasencia/>



Imagen 23. Plano de localización del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo.
Fuente: Elaboración propia.

4.2 DATOS GENERALES DEL HOSPITAL

El Hospital de Especialidades IMSS de Tlaxcoapan se encuentra próximo a la marca de posición sobre la carretera Tlaxcoapan-Tula definida por las coordenadas geográficas 20.0847857 de latitud norte y -99.2710893 de longitud oeste.

El terreno del Hospital de Especialidades IMSS - Tlaxcoapan presenta una altitud promedio de 2,072 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una superficie parcialmente nivelada. Sin embargo, se hacen notorias pequeñas variaciones en la topografía, alcanzando pequeños puntos de 2,075 metros sobre el nivel del mar distribuidos a lo largo de la zona

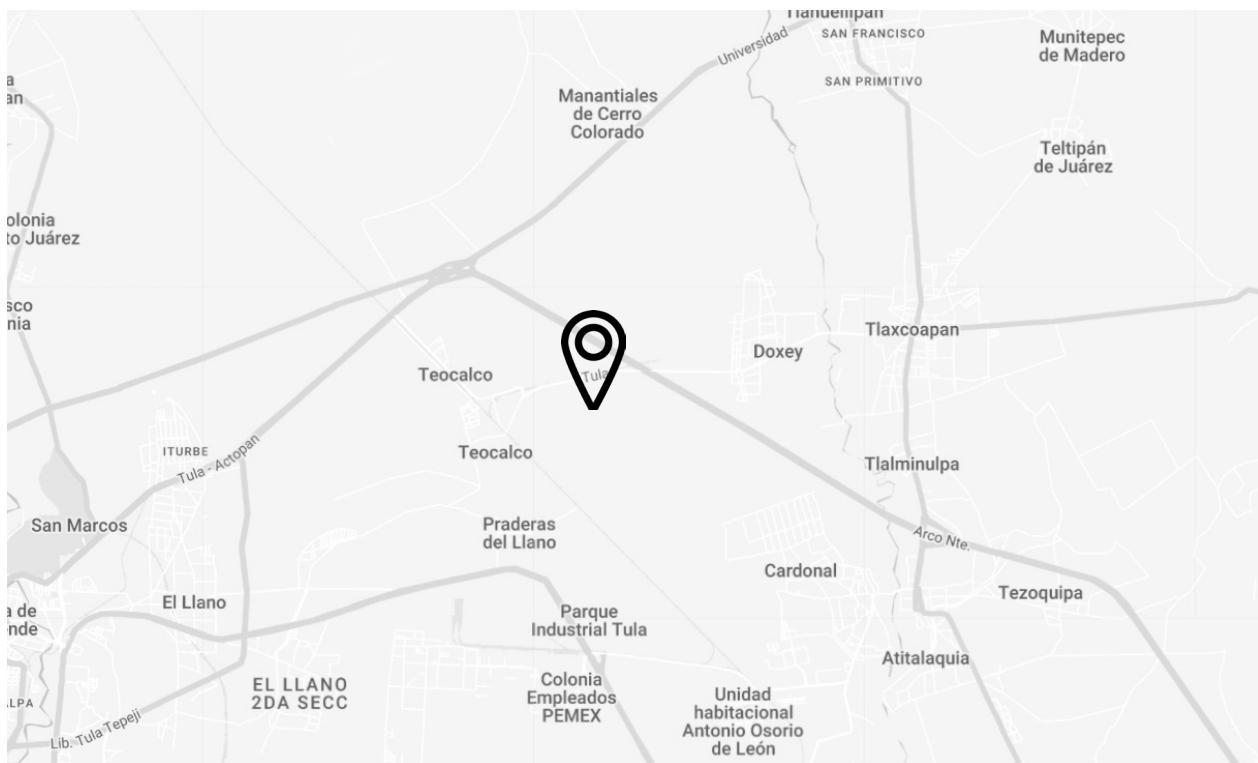


Imagen 24. Mapa de localización del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo.

Fuente: Google maps

La información sobre clima se obtuvo de las estaciones meteorológicas automatizadas (EMA's) del Sistema Meteorológico Nacional EMA 13049 (suspendida) (distancia de 2 km al lugar), EMA 13092 (operando) (distancia de 8.6 km al lugar), EMA 13040 (suspendida) (distancia de 9 km al lugar). De acuerdo con la norma mexicana NMX-AA-166/2-SCFI-2015, las observaciones sinópticas deben ser representativas de hasta 100 km de radio, en torno a la estación para definir la mesoescala. En las aplicaciones de pequeña escala, la zona puede tener dimensiones de 10 km.

4.2.1 CLIMA Y MICROCLIMA

De acuerdo con Köppen (1948) y Enriqueta García Amaro (2004; 1986; 1984), se determina el clima por sus características térmicas (cálido - frío) y por la humedad (húmedo - seco). En la zona, la clasificación es:

1. Clasificación Térmica (Cálido-Frío):

Ratificando los datos de la primera pagina de 'Clima y microclima', la clasificación térmica se basa en la temperatura media anual de la localidad, siendo:

- Cálido: Si la temperatura media anual es mayor a 18°C.
- Templado: Si la temperatura media anual está entre 10°C y 18°C.
- Frío: Si la temperatura media anual es menor a 10°C.

La temperatura media anual de Tlaxcoapan, Hidalgo = 17.7°C

2. Clasificación del clima:

Húmedo (A) – seco (B); y los subclimas desérticos - BW (secos o áridos) de los esteparios – BS (semisecos o semiáridos) propuesta por E. García se calcula analizando la temperatura y la precipitación (en mm) la cual resulta :

Tabla 1 (García, 1988, pp. 108-111)

Distribución de precipitación	Limite entre los climas secos B y los húmedos	Limite entre los climas BS (esteparios) y BW (desérticos)
Régimen de lluvias en verano (la precipitación del mes mas lluvioso de la mitad caliente del año mayor de 10 veces que la del mes mas seco)	$rh = 2T + 28$	$rh = 2T + 28 / 2$

Tabla 1. Clasificación de clima y clasificación térmica de Tlaxcoapan, Hidalgo

Tabla 2. Índices de aridez de Tlaxcoapan Hidalgo

Fuente: 42. y 43.

Tabla 2 (Índices de aridez)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T	13.6	15.0	18.1	20.0	20.9	20.6	19.6	19.8	18.9	17.0	15.3	13.8	17.7
P	11.2	4.3	15.9	35.0	65.8	114.4	111.5	92.0	87.0	52.8	17.9	8.7	613.5

En el sector, el mes más lluvioso es julio, con 114.4 mm, diez veces mayor que la del mes más seco, el cual es febrero con 4.3 mm. La temperatura media anual es de 17.7° C y precipitación media anual de 613.5 mm.

rh : Es la cantidad total anual de lluvias, mínimas en cm, necesaria para que el clima sea húmedo, (con menos el clima es seco y con mas es húmedo).

$$rh = 2t + 28 = (2 * 17.7) + 28 = 63.4 \text{ cm}$$

Límite entre climas secos y húmedos $rh = 63.4 \text{ cm} = 634 \text{ mm}$

El clima es Árido (B), porque tenemos 613.5 mm de precipitación de lluvia media anual; el cual es menor a 634 mm, el cual es el límite de climas secos de húmedos.

$$re = 2t + 28 / 2 = 62.8 / 2 = 31.7 \text{ cm.}$$

Límite entre climas árido y semiárido: $re = 31.7 \text{ cm} = 317 \text{ mm}$

El clima es semiárido porque se necesitan cuando menos 317 mm de precipitación de lluvia media anual. Como en los datos tenemos 613.5 mm de precipitación de lluvia media anual, que es mayor a el límite entre climas árido y semiárido, el clima se clasifica como semiárido (BW).

ssrf

Según CONAGUA
SMN BS1k" w(52) y de
acuerdo a Numa Pavón del
2008 es BS1w(w)k(i')gw"

WEATHER DATA SUMMARY												Latitude/Longitude: 20.085° North, 99.271° West. Time Zone from Greenwich -6 Data Source: MN7 999 WMO Station Number, Elevation 2078 m		
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC		
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	416	479	512	510	486	433	433	442	411	416	430	394	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	513	517	522	473	392	327	352	365	337	402	520	469	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	131	152	163	174	213	199	183	184	186	171	133	131	Wh/sq.m	
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	919	1012	1084	1184	1149	1100	1188	1181	1090	996	1011	942	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	1049	1054	1035	1049	1026	984	1014	1034	1034	1030	1044	1042	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Max Hourly)	393	439	477	505	525	467	521	496	511	478	429	372	Wh/sq.m	
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	4547	5126	6097	6360	6303	5719	5668	5601	4980	4787	4749	4238	Wh/sq.m	
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	5601	5848	6214	5895	5082	4517	4611	4620	4082	4629	5735	5071	Wh/sq.m	
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	1435	1718	1945	2179	2765	2634	2399	2334	2254	1971	1475	1415	Wh/sq.m	
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	45191	52089	55596	55699	53575	48187	48206	48942	45787	46104	47004	42962	lux	
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	50099	49826	50884	46317	37211	31223	33988	35022	33344	38686	50057	44767	lux	
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	14	16	18	19	20	18	18	18	17	17	15	14	degrees C	
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	4	4	5	6	8	11	11	11	11	9	7	5	degrees C	
Relative Humidity (Avg Monthly)	55	49	46	46	51	64	68	68	70	65	62	56	percent	
Wind Direction (Monthly Mode)	260	260	250	250	250	240	160	260	240	200	250	270	degrees	
Wind Speed (Avg Monthly)	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	m/s	
Ground Temperature (Avg Monthly of 1 Depths)	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18	17	17	degrees C	

Tabla 3. Resumen con datos bioclimáticos

Se genero y visualizo el archivo Hospital_Gral_Tlaxcoapan-hour.epw

Datos climatológicos obtenidos con Meteonorm con el que se obtuvo archivo con base de datos climatológico con extensión EPW y las siguientes gráficas y tabla.

1. INEGI (s.f.): Seco templados y semifrío semiseco

BS1 (estepario, semiseco o semiárido)

Clima: semiseco templado

Subclima: BS1kw con régimen de lluvias en verano. Corresponde a templado con verano cálido, temperatura media, anual 22.03 ° C, del mes más frío entre 13.6° y 15 °C y del mes más cálido > 20 °C.

Wilhelm (Koeppen,1948): BS (estepario, semiárido templado)

Köppen y E. García (1988; 2004) - UNAM: BS1kwigw" (semiseco / semiárido templado [el menos seco de los secos]) (41.)

En conclusión de datos climáticos del sitio tenemos que:

Clima predominantemente frío durante el 56% del año

Clima neutro en un 42% del año

Sólo un 2% de tiempo corresponde a condiciones cálidas

Temperatura media anual:

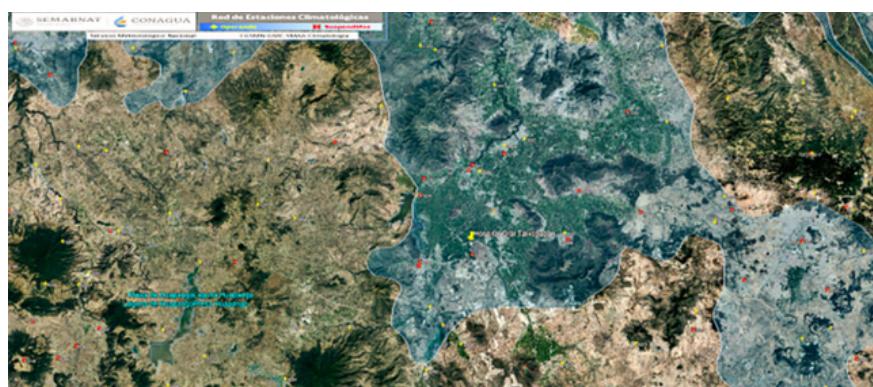
17 °C

Promedio de variación
diaria de temperatura:

17 K

Según CONAGUA

SMN BS1kw(52) y de
acuerdo a Numa Pavón del
2008 es BS1w(w)k(i')gw"



4.2.2 ESTUDIO SOLAR

Para el desarrollo de estrategias bioclimáticas en el diseño del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo, se realizó un análisis solar del sitio mediante una montea solar, con el fin de comprender el recorrido aparente del sol y su relación con la orientación, insolación y sombreado en el lugar.



- Coordenadas: 20.094728° N, 99.174286° O
- Altitud aproximada: 2,030 msnm
- Zona horaria: GMT -6
- Fecha de análisis: 21 de marzo de 2025 (equinoccio de primavera)
- Hora local analizada: 10:30 a.m.

El recorrido del sol en el equinoccio es simétrico con respecto al eje Este-Oeste, consalidasolar a las 06:40 h y puesta a las 18:46 h, generando aproximadamente 12:08 horas de luz natural.

A las 10:30 a.m., el sol se encuentra en una altitud solar de 51.7° y un azimut de 116.9°, lo cual indica que la radiación solar incide desde el sureste con una inclinación elevada, generando una buena cantidad de radiación directa sobre fachadas sureste y sur.

Se identifican zonas de mayor incidencia solar en las fachadas sur, suroeste y sureste durante gran parte del año, lo cual se puede aprovechar para estrategias pasivas de calefacción y uso de paneles fotovoltaicos o solares térmicos.

MONTEA SOLAR SOBRE EL HOSPITAL IMSS

TLAXCOAPAN HIDALGO

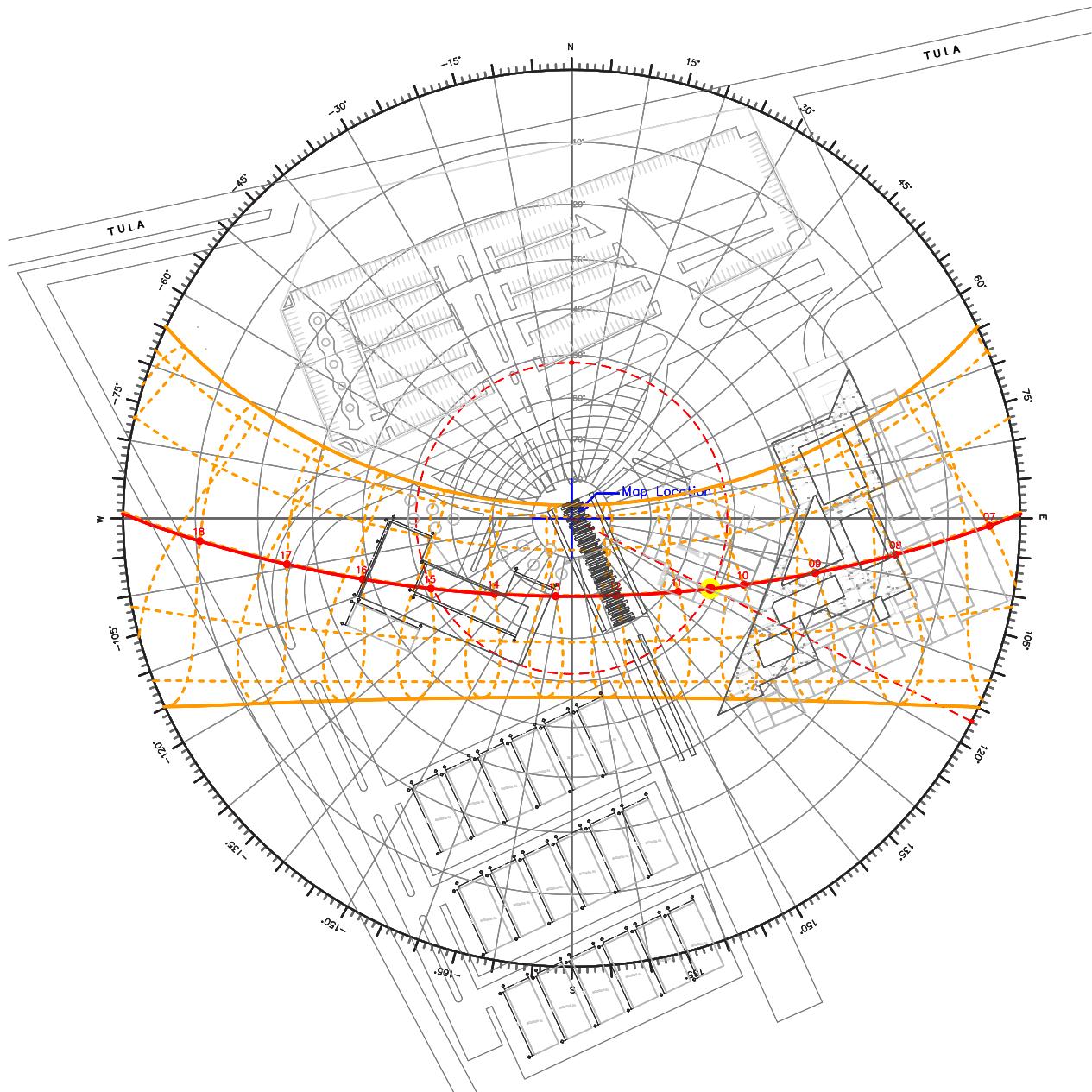


Imagen 25. Plano del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo con su respectiva montea solar.
Fuente: Elaboración propia.

Tlaxcoapan se encuentra ligeramente al sur del Trópico de Cáncer (23.5° N), lo que le confiere características de clima templado semiárido a seco, con una alta exposición solar durante la mayor parte del año. Esta posición geográfica implica que:

El sol llega a posiciones cenitales (directamente sobre la cabeza) en los meses cercanos al solsticio de verano.



Imagen 26, Isala Meppel Hospital Imagen obtenida de: Gallery of Isala Meppel Hospital / Vakwerk Architecten - 12. (s. f.). ArchDaily. https://www.archdaily.com/991844/isala-meppel-hospital-vakwerk-architecten/636975f137cb9c4e3d9e6b6d-isala-meppel-hospital-vakwerk-architecten-photo?next_project=no

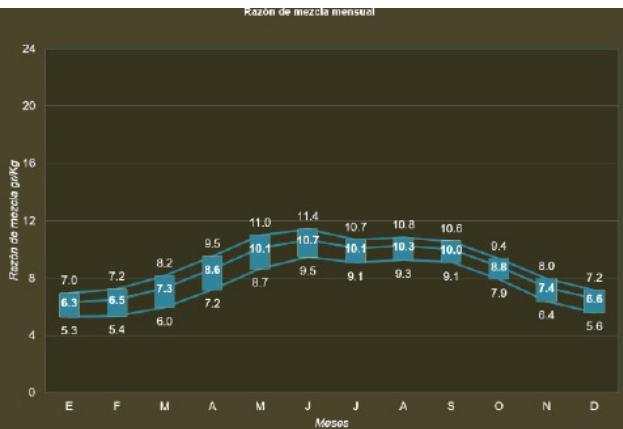
La arquitectura bioclimática debe considerar protección solar vertical en verano y aprovechamiento solar inclinado en invierno.

Las fachadas sur son estratégicas para captar energía solar durante el invierno sin riesgo de sobrecalentamiento en verano si se aplican aleros o vegetación de hoja caduca.

4.2.3 HÚMEDAD RELATIVA



Gráfica 1. Humedad relativa mensual
Fuente: Software Bioclimarq



Gráfica 2. Razón de mezcla mensual
Fuente: Software Bioclimarq

Esta gráfica muestra la variación de la humedad relativa (%) a lo largo del día para cada mes del año.

Durante la madrugada y noche (00:00–06:00 y 18:00–24:00), la humedad relativa es más alta (entre 70% y 90%). Entre las 10:00 y 16:00, cae significativamente, llegando en algunos meses a valores mínimos de 25% a 40%, especialmente en marzo, abril y mayo.

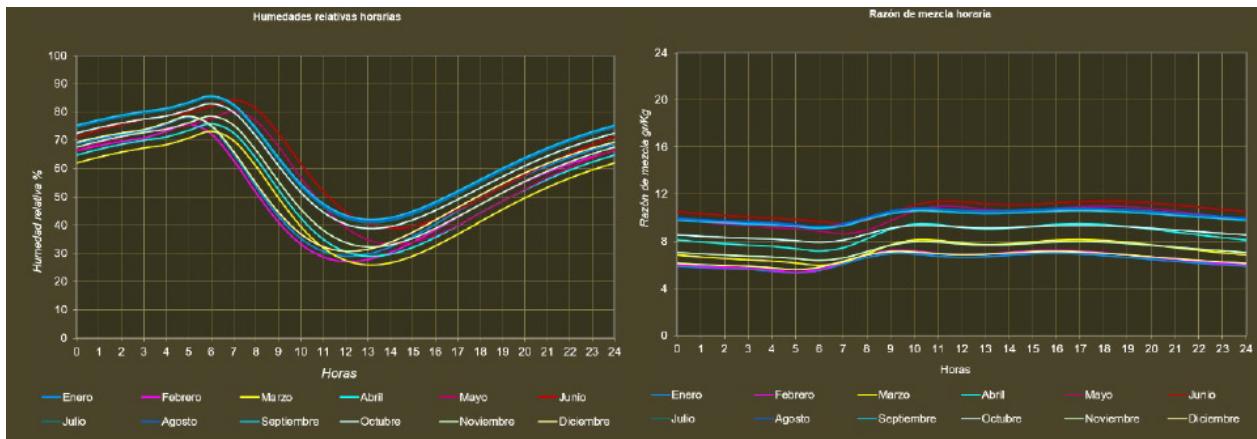
El mes más seco en horas diurnas es marzo, con valores mínimos por debajo del 30%.

La razón de mezcla mide la cantidad de vapor de agua en el aire (g de vapor/kg de aire seco). Valores más altos y estables en los meses de junio a septiembre, con máximos cercanos a 12 g/kg entre 12:00 y 17:00.

Los meses más secos son enero a marzo y noviembre-diciembre, con razones de mezcla entre 5 y 7 g/kg durante el día.

Cuando esta seca la humedad la salud se desbeneficia haciendo que nos salgamos de los rangos de confort

Cuando la hr esta arroba del 70 el sudor no sirve,



Gráfica 3. Humedades relativas horarias
Fuente: Software Bioclimarq

Gráfica 4. Razón de mezcla horaria
Fuente: Software Bioclimarq

Esta gráfica muestra el promedio mensual de la humedad relativa máxima y mínima.

Meses más húmedos: junio a septiembre (máximos superiores a 85%, mínimos entre 40–63%).

Meses más secos: febrero, marzo y abril (mínimos cercanos o inferiores al 30%).

El valor mínimo anual se registra en marzo: 25.8%.

La zona de Tlaxcoapan, Hidalgo, presenta una humedad relativa variable a lo largo del año, característico de las regiones de la zona central del país con clima semiárido templado.

Durante los meses secos (febrero a abril), la humedad relativa diurna va a valores mínimos de 25 %–35 %, especialmente entre las 10:00 y 16:00 h, lo que genera condiciones de aire seco y baja sensación térmica de confort.

Por el contrario, en los meses húmedos (junio a septiembre), la humedad relativa alcanza valores del 80–90 % durante la madrugada y noche, y mínimos diurnos de 40–60 %, lo que incrementa la sensación de bochorno y dificulta la disipación del calor corporal, especialmente cuando la temperatura del aire supera los 25 °C.

Lo que comprendemos como:

De mayo a agosto se observan los valores más altos, propios del periodo lluvioso
De diciembre a marzo, los valores más bajos evidencian un ambiente más seco.

Este comportamiento sugiere que el diseño bioclimático del hospital debe priorizar:

- Estrategias pasivas de control de humedad, como vegetación nativa, espejos de agua y materiales higroscópicos (adobe, madera, piedra natural) (otro tema de tesis) para estabilizar la humedad interior.
- Protección solar en meses de baja humedad (marzo–abril) para minimizar la pérdida de agua en el microclima inmediato y evitar el sobrecalentamiento.

En conclusión, Tlaxcoapan presenta amplitudes significativas de humedad relativa diurna y estacional, lo que requiere un equilibrio entre control de humedad y ventilación natural para asegurar el confort térmico y la durabilidad de materiales en el entorno hospitalario.

4.2.4 VIENTO

De acuerdo con la ubicación del emplazamiento en donde se plantea el Hospital de Especialidades IMSS - Tlaxcoapan, notamos que los vientos dominantes provienen del noroeste y del este - noroeste. El viento resulta agradable en verano, ya que contribuye a reducir la temperatura, lo que se traduce en una disminución del calor en el interior de las edificaciones, sin embargo, durante el invierno se recomienda mantener las ventanas cerradas para prevenir la pérdida de calor en el interior de las edificaciones.

Lo cual se puede interpretar con ayuda de la siguiente gráfica:



4.2.5 CARTAS BIOCLIMÁTICAS

METERE PSICOMETRICA

Las cartas bioclimáticas permiten identificar, con base en las condiciones climáticas locales, qué estrategias de diseño pasivo son más apropiadas para lograr confort térmico en un edificio, sin necesidad de recurrir a sistemas mecánicos.

Carta de confort

Carte de humedad relativa

Carta de radicacion solar

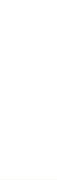
Hábitos en la localidad	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tipo de ropa habitual	D	D	C	B	B	B	B	C	C	C	D	D
												
	A: Muy ligera	B: Ligera	C: Moderada	D: Abrigada	E: Muy abrigada							
Fuente de la imagen: Gut et Ackermann (1993) / Valores del coeficiente de arropamiento: ANSI-ASHRAE 55: 2010												
Uso de la ventilación natural	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Las ventanas por lo regular están abiertas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las ventanas se abren a ciertos horarios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Las ventanas por lo regular están cerradas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de climatización artificial												
Los edificios climatizados artificialmente son comunes												<input type="radio"/>
												<input checked="" type="radio"/>
Algunos edificios cuentan con clima artificial												<input type="radio"/>
												<input checked="" type="radio"/>
Muy pocos edificios cuentan con clima artificial												<input type="radio"/>
												<input checked="" type="radio"/>

Tabla 4. Hábitos de la localidad

Fuente: Software Bioclimarq

[Regresar a Inicio](#)

bioclimarq²⁰²³

Hoja de cálculo desarrollada por Gómez-Azpírra, G.

Procedimiento basado en:

Serra Flormer, R. y Coch Roera, E. (1995)

Valores adaptados por Gómez-Azpírra, G.

Coefficientes de Serra y Coch

(Serra y Coch, 1995)

Localización

LUGAR	Hospital General, Tlaxcoapa, Hidalgo, México
LATITUD	20.1 ° Norte
LONGITUD	-99.3 ° Oeste
ALTITUD	2081 msnm

Variación estimada por ICU

Temperatura (DT85):	+0.1003333333333333
Humedad Relativa (D�ad HR):	+0 %

Los datos de temperatura (T85) y humedad relativa (HR) aplicados para la determinación de las tácticas de bioclimatización, incluyen el efecto de isla de calor urbana (ICU).

Los datos que se refieren a una temperatura puntual se expresan en grados centígrados (°C), y cuando se refieren a un intervalo se expresan en grados Kelvin (K), en el entendido que en el caso de incrementos o longitudes de intervalos: $1^{\circ}\text{C} = 1\text{K}$.

+0.1003333333333333 = Isla de calor urbana

Caracterización climática

Según Mahoney

Según sensación higro-térmica

El clima de Hospital General, Tlaxcoapa, Hidalgo, México se caracteriza por:

Temperatura entre los 15 °C y 20 °C y humedad relativa entre el 50% y el 70%, en promedio anual.

Condiciones principalmente frías (56% del año), y en segundo término neutras (42%).

Coefficientes de forma general del edificio

Compacidad

Porosidad

Grado recomendado y tácticas de bioclimatización aplicables

Compacidad alta. Configuración especial y volumétrica lo más compacta posible.

Porosidad muy baja. Patios centrales no recomendados.

Coefficientes de tratamiento de la piel

Asentamiento

Adosamiento

Pesadez

Perforación

Transparencia

Aislamiento

Tersura

Textura

Color

Variabilidad

Grado recomendado y tácticas de bioclimatización aplicables

Asentamiento alto. La mayor área posible de la envoltura en contacto con el subsuelo.

Adosamiento alto. La mayor área posible de la envoltura adosada a otro(s) edificio(s).

Pesadez alta. Ceramientos masivos, de alta inercia térmica.

Perforación muy baja. Vanos abiertos con una superficie entre 10% y 20% del área de fachada.

Transparencia alta. La mayor área cristalizada posible de la superficie de los vanos.

Aislamiento alto. Ceramientos con el mayor aislamiento térmico posible.

Tersura muy baja. Fachadas lisas, sin pliegues, que favorezcan la ganancia solar.

Textura muy baja. Superficies exteriores lisas, que eviten el intercambio por convección.

Color de alta absorvedad (α). Acabados de superficies exteriores a base de colores oscuros ($\alpha \geq 0.7$).

Variabilidad muy baja. Arreglo de elementos y dispositivos sin variación durante todo el año.

Tabla 5. Coeficientes de Serra y Coch

Fuente: Software Bioclimarq

COEFICIENTES DE SERRA Y COCH (1995)

Forma general del edificio:**Compacidad alta:** Forma lo más cerrada posible, para conservar calor.**Porosidad baja:** Evitar patios abiertos.

Parámetro	Recomendación	Justificación
Asentamiento	Muy alto	Contacto térmico con el subsuelo
Adosamiento	Muy alto	Menor exposición térmica exterior
Pesadez	Muy alta	Uso de muros masivos
Perforación	Muy baja	Pocas ventanas; menor pérdida
Transparencia	Alta	Aporte solar pasivo con control
Aislamiento	Muy alto	Prioritario para conservar calor
Textura y tersura	Lisa y sin rugosidades	Ganancia solar y evita pérdidas por convección
Color	Oscuro	Mayor absorción de radiación solar
Variabilidad	Muy baja	Diseño térmico estable todo el año

Con base en lo anterior, se concluye que las estrategias bioclimáticas aplicables al proyecto, son:

- Calefacción pasiva y/o activa
- Aplicar ganancia solar directa con control, aislamiento eficiente y masa térmica.
- Masa térmica e inercia térmica
- Utilizar materiales con alta capacidad térmica (muros gruesos, piso de concreto, etc.).
- Complementar con ventilación nocturna controlada para disipar calor en verano.
- Ventilación natural y confort adaptativo
- Solo útil en verano (mayo-agosto).
- Incluir ventanas operables y protecciones móviles.
- Minimizar necesidad de aire acondicionado

Estas estrategias se obtuvieron a partir del análisis ambiental mediante el software Bioclimarq y son útiles para mejorar el confort al interior de la edificación, que se pueden complementar con medidas adicionales en el exterior del hospital.

05.

PROUESTA DE
INTERVENCIÓN DE
LOS ESPACIOS
EXTERIORES DEL
HOSPITAL DE
ESPECIALIDADES
IMSS TLAXCOAPAN



El principal objetivo de la arquitectura bioclimática es reducir costes energéticos en el uso cotidiano del edificio pero sin olvidar el confort de los usuarios. Se busca adaptar al edificio al entorno aportando diferentes criterios de diseño arquitectónico, principalmente basados en la forma exterior y las características de los cerramientos. Además, la importancia del uso de materiales sostenibles siempre acompaña este tipo de proyectos.

Se dice que las viviendas bioclimáticas “respiran” porque, además suelen estar construidas con materiales sostenibles y acabados naturales. Las podemos encontrar con las siguientes características:

- Uso de materiales de construcción sostenibles.
- Técnicas constructivas innovadoras y adaptables.
- Instalación de energías renovables.
- Aspecto exterior integrado en el entorno o bien tecnológico.

Para nuestro diseño bioclimático necesitamos saber los “ingredientes” climáticos con los que tenemos que contar:

- Horas de sol anuales y radiación solar mensual.
- Precipitaciones mensuales.
- Temperaturas del aire exterior y humedades relativas mensuales.
- Coeficientes de viento mensuales.
- Altitud y latitud.
- Inclinación del terreno.
- Obstáculos exteriores existentes.

Los cuales se tratan, analizan y muestran en diversos apartados de este documento.

Los criterios bioclimáticos que aplicaremos tienen que ver fundamentalmente con un estudio exhaustivo previo de estas variables climáticas.

Dado el clima semiseco templado, aquí se presentan algunas propuestas que podrían mejorar el confort térmico del hospital:

1. Volados y aleros ajustados: Como lo vimos en el apartado de los dispositivos de control solar, incorporar volados de diferentes profundidades según la orientación de las fachadas brinda beneficios al edificio. La fachada principal se encuentra ubicada al noroeste, por lo que se podría poner una celosía o pantalla para mitigar la radiación en la tarde o la mañana en el acceso principal. En el sureste encontramos la parte posterior del edificio, aquí podríamos implementar volados más amplios para bloquear el sol alto del verano.

2. Celosías y fachadas ventiladas: Usar celosías de materiales térmicos o bioclimáticos (como madera tratada o barro cocido) que permitan la circulación del aire y reduzcan el sobrecalentamiento de las paredes. También se pueden diseñar fachadas dobles con cámaras de aire ventiladas.(D7)

3. Vegetación estratégica: Implementar jardines verticales o muros verdes en fachadas en las fachadas sur, suroeste y sureste, las cuales son las más expuestas al sol y techos verdes para reducir la ganancia térmica. Árboles caducifolios en el exterior proporcionarían sombra en verano y permitirían el paso del sol en invierno.

Para mejorar el confort térmico en el Hospital de Especialidades IMSS - Tlaxcoapan, considerando su clima semiseco templado con una temperatura media anual de 17.7°C y una precipitación media anual de 613.5 mm, se recomienda la incorporación de árboles nativos que proporcionen sombra y se adapten bien a las condiciones locales. A continuación, se sugieren algunas especies adecuadas:

Al seleccionar las especies, es importante considerar factores como el espacio disponible, las características del suelo y la disponibilidad de agua para riego durante los primeros años de establecimiento. Además, la elección de árboles caducifolios puede ser beneficiosa, ya que proporcionan sombra en verano y permiten la entrada de luz solar en invierno, equilibrando el confort térmico a lo largo del año

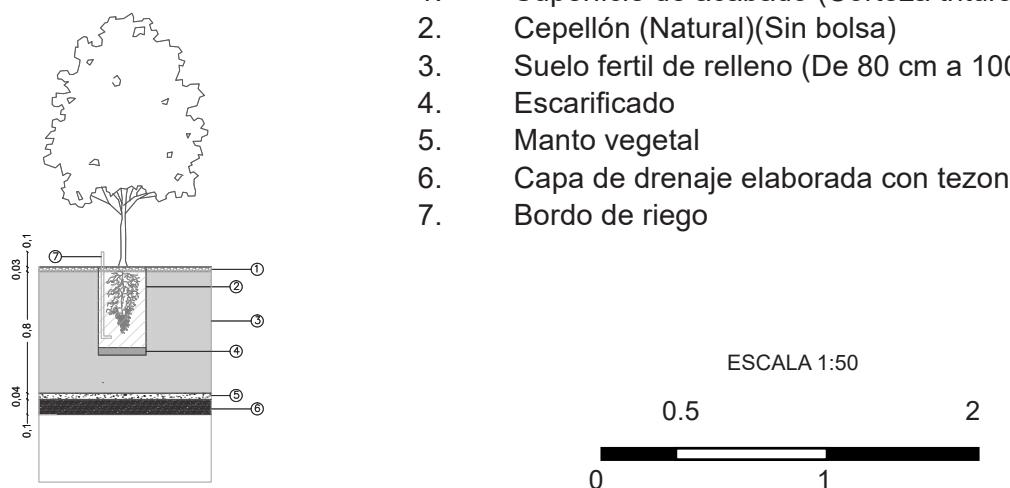
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	MEDIDAS PROMEDIO	REQUERIMIENTOS DE AGUA O LUZ	USO EN EL PROYECTO	CARACTERÍSTICAS DEL SUSTRATO	IMAGEN DE REFERENCIA
Nopal (18.)	Opuntia (19.)	De 3 a 5 m de altura, formados con tallos en forma de raqueta de 20 a 40 cm (19.)	Luz solar directa y poco riego	Retiene humedad, barrera natural contra erosión. (19.)	Sustrato drenante a base de materiales volcánicos porosos y combinando con un sustrato universal (26.) agregandole magnecio, calcio, potasio y nitrógeno.	(I01.) 
Huizache (18.)	Acacia farnesiana. (20.)	De 3 a 5 m de altura, formados con tallos en forma de raqueta de 20 a 40 cm (20.)	Luz solar directa y poco riego	Fija nitrógeno en el suelo y controla la erosión. (20.)	Sustrato drenante a base tierra negra, tierra de hoja, arena y abono orgánico, agregandole magnecio, calcio, potasio y nitrógeno. (27.)	(I02.) 
Mezquite (21.)	Prosopis glandulosos (22.)	De 12 m de altura y ancho variable (22.)	Luz solar directa y poco riego	Barrera de sombra y viento, mejora la calidad del suelo y reduce la erosión.	Sustrato a base de aserrín 50% y peat moss (28.) agregandole magnecio, calcio, potasio y nitrógeno. (27.) tream/231104/3798/1/AT18726.pdf	(I03.) 
Fresno (21.)	Prosopis glandulosos (23.)	De 15 a 35 m y ancho variable (23.)	Luz solar directa o semisombra y riego muy constante	Sombra y humedad adicional.	Añadiendo capas de algún abono orgánico como compost o humus de lombriz y mezclando. (29.) agregandole magnecio, calcio, potasio y nitrógeno. (27.)	(I04.) 
Encino (21.)	Quercus (24.)	Pueden alcanzar los 45 m de altura y su ancho es variable (24.)	Luz solar directa o semisombra y riego constante	Absorción de humedad en lugares sobre-húmedos.	50% tierra para macetas 30% compost 20% arena gruesa (30.) agregandole magnecio, calcio, potasio y nitrógeno. (27.)	(I05.) 
Maguey (18.)	Agave (25.)	De 1-2 m de altura por 1,5-2,5 m de diámetro. (25.)	Luz solar directa y poco riego (25.)	Calidad del suelo, ayuda a regular la temperatura y se integra al paisajismo.	Suelo Feozem haplico + fertilizante químico (control positivo) (31.) agregandole magnecio, calcio, potasio y nitrógeno. (27.)	(I06.) 

Tabla 6. Paleta vegetal
Fuente: Elaboración propia

En los accesos y áreas de espera se colocan encinos y fresnos. Su follaje genera sombra, reduce el calor en zonas pavimentadas y ofrece confort a pacientes/visitantes. Además, jerarquizan.

En los bordes y transiciones del terreno se ubican nopal y magueyes. Demandan poca agua, regulan la humedad y funcionan como barreras naturales de protección. Refuerzan la identidad regional del proyecto.

El huizache y el mezquite se disponen en áreas abiertas. Su raíz fija nitrógeno y controla la erosión, mejorando la calidad del suelo. Garantiza sustentabilidad del entorno hospitalario.



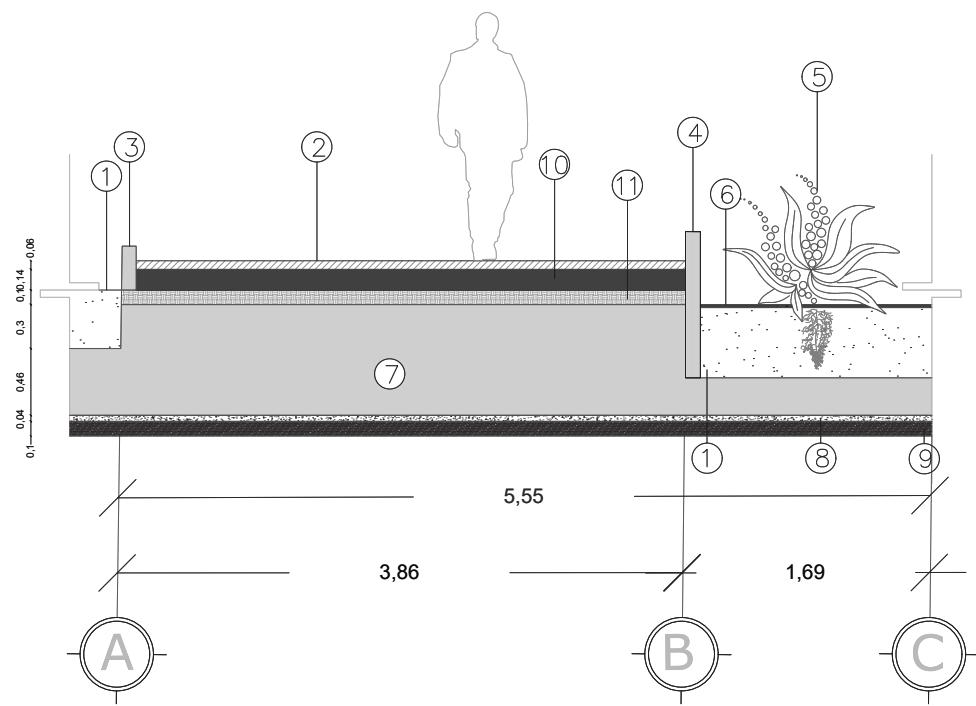
Esquema 1. Detalle de cepa

Fuente: Elaboración propia

En explanadas y zonas de estancia se integran árboles escultóricos. Además de dar sombra, aportan un carácter distintivo al paisaje y equilibran la relación entre pavimento, vegetación y usuarios. En conjunto, esta propuesta no es solo ornamental.

Cada elemento se integra al hospital para mejorar el confort ambiental, optimizar recursos naturales y ofrecer espacios exteriores saludables y armónicos para los usuarios.

1. Cepellón (Natural)(Sin bolsa)
2. Firme de concreto armado de 10 cm con malla electrosoldada 6-6/10-10, sobre subbase de grava compactada de 10 cm
3. Franja de seguridad de concreto (Elevado a 10 cm)
4. Franja de seguridad de concreto (Elevado a 20 cm)
5. Maguey/Agave
6. Superficie de acabado (Corteza triturada)
7. Suelo fértil de relleno (De 40 cm a 80 cm)
8. Manto vegetal
9. Capa de drenaje elaborada con tezontle
10. Capa de tierra compactada a entre 14 cm y 20 cm
11. Subrasante natural nivelado y compactado al 95%



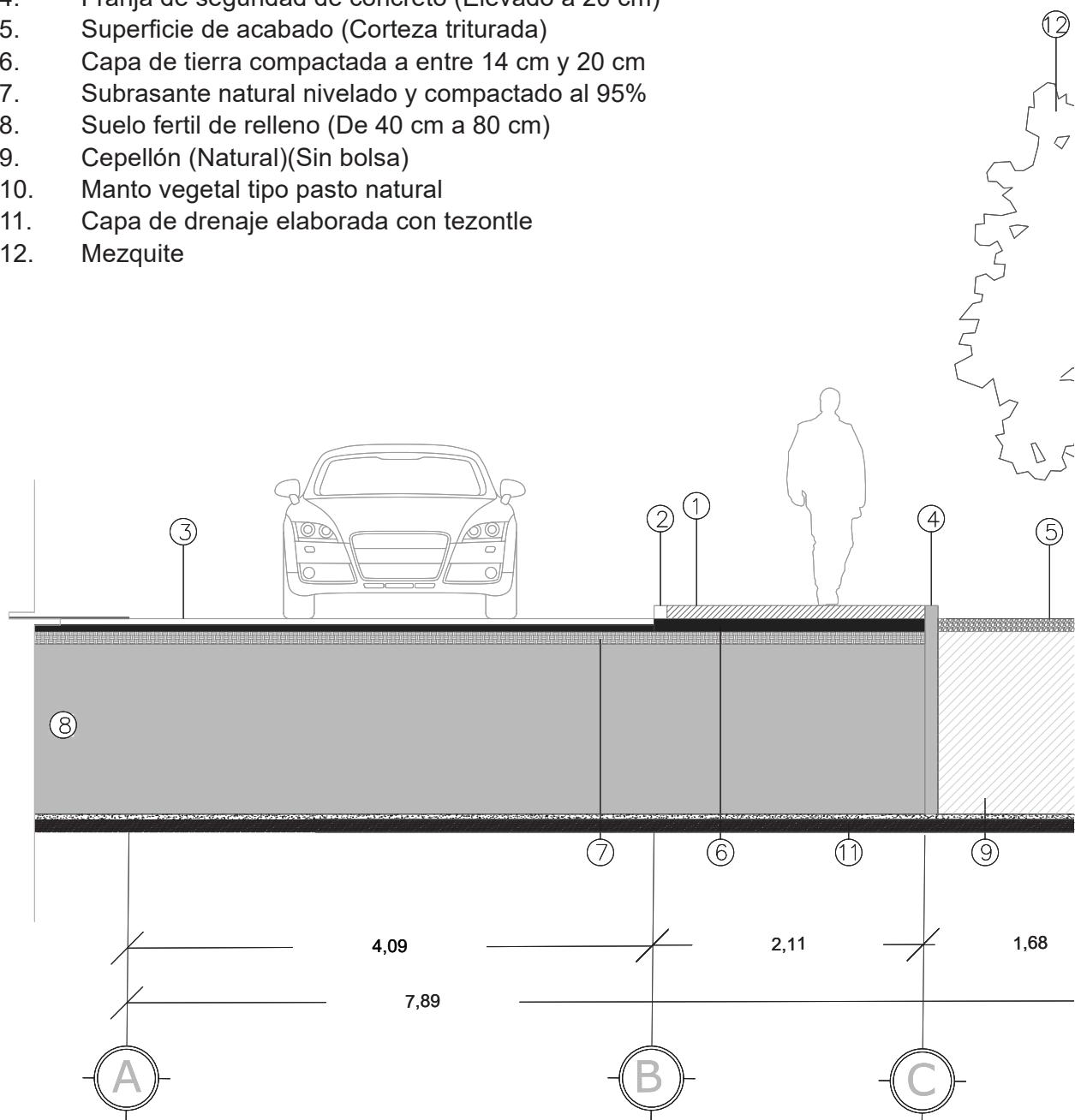
Esquema 2. Corte A - A'

Fuente: Elaboración propia

ESCALA 1:50



1. Firme de concreto armado de 10 cm con malla electrosoldada 6-6/10-10, sobre sub-base de grava compactada de 10 cm
2. Franja de seguridad de concreto (Elevado a 20 cm)
3. Carpeta asfáltica de 5 cm sobre base hidráulica de 15 cm de grava-arena compactada al 95%
4. Franja de seguridad de concreto (Elevado a 20 cm)
5. Superficie de acabado (Corteza triturada)
6. Capa de tierra compactada a entre 14 cm y 20 cm
7. Subrasante natural nivelado y compactado al 95%
8. Suelo fertil de relleno (De 40 cm a 80 cm)
9. Cepellón (Natural)(Sin bolsa)
10. Manto vegetal tipo pasto natural
11. Capa de drenaje elaborada con tezontle
12. Mezquite



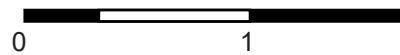
Esquema 3. Corte B - B'

Fuente: Elaboración propia

ESCALA 1:50

0.5

2



1. Suelo fertil de relleno (De 40 cm a 80 cm)
2. Cuerpo de agua con profundidad de 10 cm
3. Cepellón (Natural)(Sin bolsa)
4. Bordo de riego
5. Superficie de acabado (Corteza triturada)
6. Firme de concreto armado de 10 cm con malla electrosoldada 6-6/10-10, sobre subbase de grava compactada de 10 cm
7. Escarificado
8. Manto vegetal tipo pasto natural
9. Capa de drenaje elaborada con tezontle
10. Encino

Esquema 4. Corte B - B'

Fuente: Elaboración propia

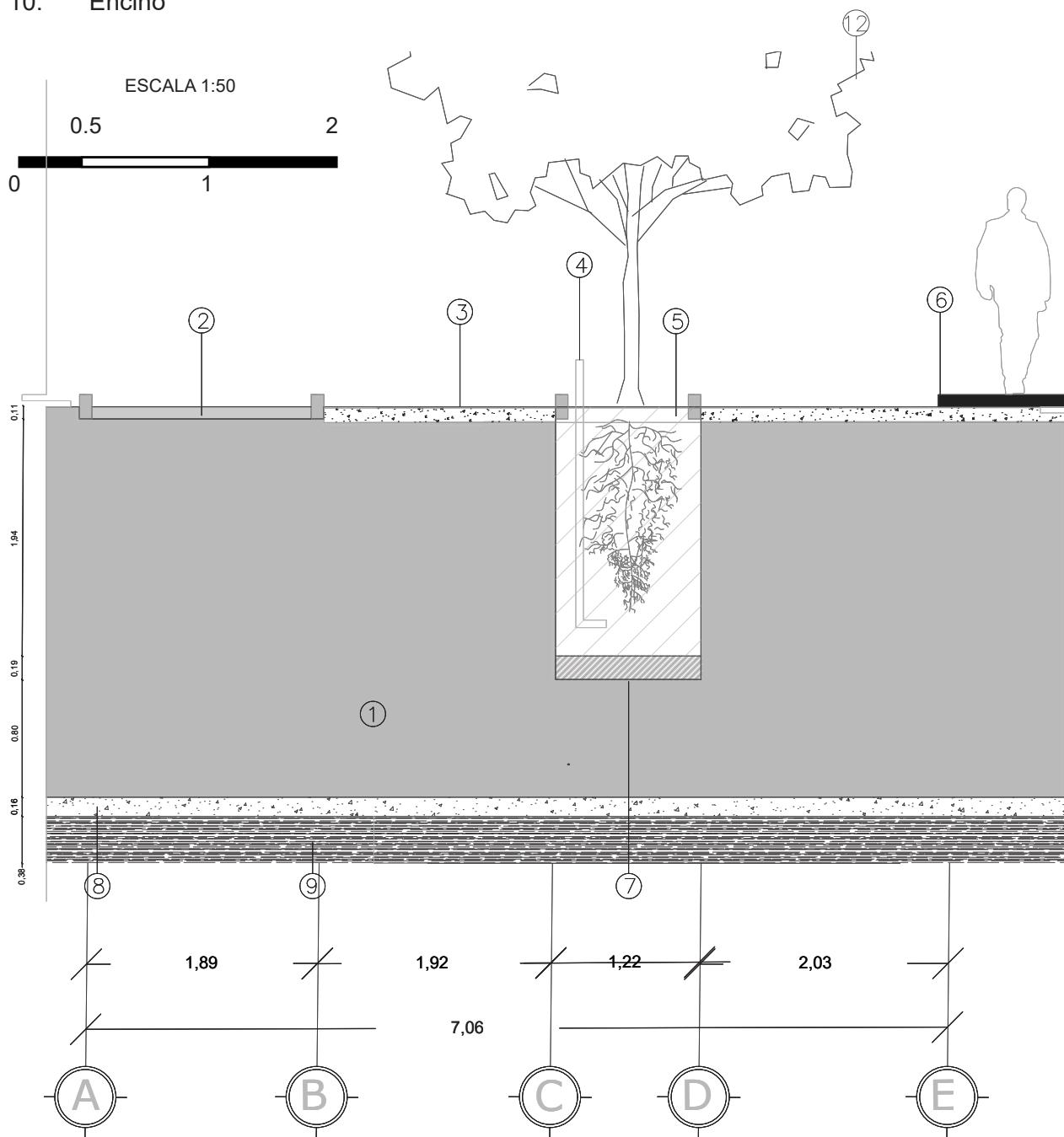




Imagen 27. Render realista del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo. (Andén de acceso al hospital)
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 28. Render realista del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo. (Andén de acceso al hospital)
Fuente: Elaboración propia.

El objetivo cumplido con la paleta vegetal en las distintas zonas del hospital fue fortalecer la integración de la arquitectura bioclimática del proyecto mediante especies nativas adaptadas al clima semiárido de Tlaxcoapan, reduciendo el consumo de agua y mantenimiento, de igual manera, se mejora el confort térmico y ambiental de los usuarios.

Cada especie vegetal fue seleccionada por su función ecológica y paisajista: los encinos y fresnos proporcionan sombra y regulación térmica en áreas de estancia; los mezquites y huizaches fijan nitrógeno y mejoran la calidad del suelo en zonas abiertas, mientras que los nopales y magueyes conforman transiciones naturales y barreras vivas que controlaban la erosión y retienen humedad.

Esta paleta en conjunto genera espacios salubres, sostenibles y coherentes con el contexto natural del sitio.



Imagen 29. Render realista del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo. (Andén y estacionamiento)
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 30. Render realista del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo. (Andén de acceso al hospital)
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 31. Render realista del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo. (Andén y jardines externos al hospital)
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 32. Plano de conjunto del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo.

Fuente: Elaboración propia.

ESCALA 1:25

0 0.5 1 2
0.25

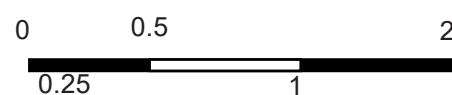
	NOPAL	Retiene humedad, baja demanda de agua y actúa como barrera natural. Ideal para bordes que requieren bajo mantenimiento.
	HUIZACHE	Fija nitrógeno en el suelo y controla erosión. Perfecto para separar áreas entre edificios o junto a banquetas.
	MEZQUITE	Apoya sombra y mejora la calidad del suelo, perfecto para bordes amplios y sin interferencia con infraestructura.
	FRESNO	Dar sombra en zonas donde los usuarios caminan o esperan, sin interferir con estructuras.
	ENCINO	Árbol grande y frondoso ideal para sombra en accesos y áreas de espera. Ayuda a absorber humedad superficial y dar jerarquía.
	MAGUEY	Estética escultórica, resistente a la sequía, y ayuda a regular temperatura en zonas pavimentadas o soleadas.
	CUERPO DE AGUA	



Imagen 33. Plano de paleta vegetal del Hospital de Especialidades IMSS en Tlaxcoapan, Hidalgo.

Fuente: Elaboración propia.

ESCALA 1:25



	NOPAL	Retiene humedad, baja demanda de agua y actúa como barrera natural. Ideal para bordes que requieren bajo mantenimiento.
	HUIZACHE	Fija nitrógeno en el suelo y controla erosión. Perfecto para separar áreas entre edificios junto a banquetas.
	MEZQUITE	Aporta sombra y mejora la calidad del suelo, perfecto para bordes amplios y sin interferencia con infraestructura.
	FRESNO	Dar sombra en zonas donde los usuarios caminan o esperan, sin interferir con estructuras.
	ENCINO	Árbol grande y frondoso ideal para sombra en accesos y áreas de espera. Ayuda a absorber humedad superficial y dar jerarquía.
	MAGUEY	Estética escultórica, resistente a la sequía, y ayuda a regular temperatura en zonas pavimentadas o soleadas.
	CUERPO DE AGUA	

4. Pavimentos y revestimientos reflectantes: Usar materiales claros o de alta reflectancia en pisos exteriores y fachadas para disminuir la absorción de calor, reduciendo el efecto de isla de calor.(D8)

El pavimento reflectante es una estrategia de pavimentación que hace que se refleje más luz solar en una superficie y que su masa la absorba menos. Se ha descubierto que esta práctica reduce la ocurrencia de olas de calor en casi un 40% durante 20 años. Esto permite que el pavimento reduzca las temperaturas de la ciudad cuando la temperatura ambiente es más baja que la temperatura de la superficie del pavimento. El pavimento reflectante no solo cambia la temperatura, sino que también afecta el cambio climático al reflejar la luz en la piel exterior del edificio. Esto cambiará la demanda de calefacción y refrigeración y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas en el área circundante. Además, pueden enviar grandes cantidades de radiación solar al cielo, alterando así el equilibrio energético del planeta.

1. El pavimento reflectante puede reducir la temperatura del aire exterior y usar menos energía para operar el aire acondicionado. Dichos pavimentos también ayudan a conservar energía al reducir la necesidad de alumbrado público durante la noche.
2. El pavimento reflectante enfriá el aire, frena la formación de smog, reduce las enfermedades relacionadas con el calor y mantiene el exterior a una temperatura agradable.
3. El pavimento de color claro refleja mejor las luces de la calle y los faros de los automóviles durante la noche, lo que aumenta la visibilidad del conductor.
4. El pavimento reflectante reduce la temperatura de la superficie, enfriá las aguas pluviales y reduce el daño a las cuencas hidrográficas locales.
5. El pavimento reflectante reduce el calor absorbido por la superficie terrestre y puede compensar temporalmente el calentamiento causado por los gases de efecto invernadero. (32.)

Hay materiales que siendo oscuros tienen reflectancia solar alta, ya que, aunque tengan la reflectancia del visible baja, tienen la reflectancia del espectro infrarrojo muy alta y por lo tanto el cómputo final es que tienen alta reflectancia solar. La adición en las mezclas

asfálticas de pigmentos de óxidos metálicos nos van a ayudar a conseguir tonalidades claras para obtener buena reflectancia del visible, pero tambien nos pueden ayudar a aumentar la reflectancia del IR por sus características físico-químicas. Los pigmentos estudiados son los que se usan comunmente en la construcción:

- Óxidos de hierro amarillos y rojos.
- Óxido de cromo verde. - Óxido de titanio blanco.
- Azul de Ultramar.
- Polisulfuro de silicatos complejos.

Se han fabricado mezclas asfálticas normalizadas en el laboratorio teniendo en cuenta las consideraciones de diseño obtenidas y señaladas en los apartados anteriores. Con el material obtenido se han elaborado probetas/especímenes para comprobar la reflectancias solares que se obtienen, así como su comportamiento térmico frente a la radiación solar (33.)

5. Impermeabilización térmica y cubiertas frías: Utilizar impermeabilizantes reflectivos o cubiertas frías que disminuyan la absorción de calor en techos, combinándolos con sistemas de recolección de agua de lluvia, dada la precipitación media anual.

Para comprender una cubierta fría es capaz de reflejar más luz solar que cualquier otra absorbiendo menos energía solar. Este tipo de cubierta disminuye la temperatura superficial de la cubierta y por lo tanto la temperatura interior del edificio, disminuyendo los costes energéticos y mejorando el confort de los usuarios.

Además, prolonga la vida útil de los edificios y equipamientos (incluidos los sistemas de climatización), contribuyendo a disminuir el “efecto isla de calor” y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Así, hemos visto que las cubiertas frías o cool roof son un sistema pasivo que disminuye el efecto de isla de calor , aportando las siguientes ventajas:

- Aumenta el confort de los usuarios de los edificios.
- Prolonga la vida de edificios y equipamiento al estresarse menos (menor rango de temperaturas).
- Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que disminuye el consumo de sistemas de climatización.

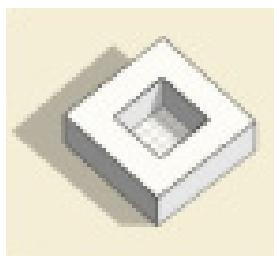
Por lo tanto, impermeabilizar cubiertas con sistemas vistos aptos para el tránsito y que además, ofrecen una solución como cubierta fría, son una excelente opción para proteger las cubiertas de los edificios y contribuir a cuidar del planeta.

Los sistemas de impermeabilización líquida de Mimper además de ser transitables, ofrecen soluciones aportando un valor excepcional como cubierta fría. (34.)

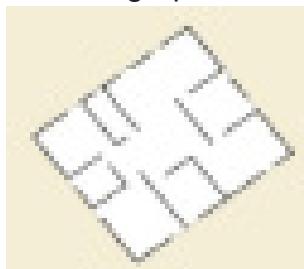
Tácticas de diseño arquitectónico recomendadas (por Bioclimarq)

Volumetría y forma

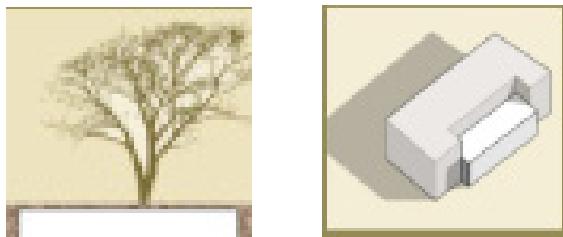
Implantación: Compacta, preferentemente con patios cerrados.



Distribución: Agrupación de espacios habitables.

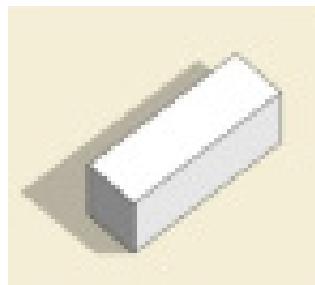


Proximidad y asentamiento: Edificio adosado o semi-enterrado para mayor inercia térmica.



Tratamiento de fachadas

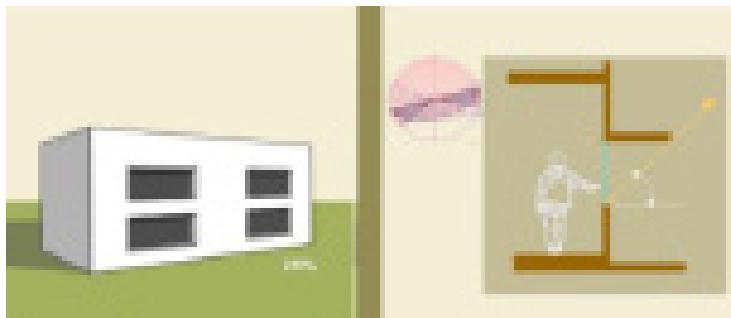
Textura superficial: Lisa, para evitar pérdidas por convección.



Colores exteriores: Oscuros para captar radiación.



Protección solar: Sombreado de aleros o elementos móviles, 60% del día (Figura 9).



Las estrategias expuestas pueden integrarse o ampliarse en futuras investigaciones o segundos temas relacionados con el diseño bioclimático y hospitalario.

CONCLUSIONES

La aplicación de las estrategias de diseño bioclimático como volados y aleros ajustados, celosías y fachadas ventiladas, vegetación estratégica, el uso de pavimentos y revestimientos reflectantes así como de impermeabilización, representa una propuesta integral y viable para mejorar las condiciones ambientales del Hospital de Especialidades IMSS - Tlaxcoapan. Estas propuestas no solo permiten mejorar el impacto del clima semiseco templado de la región, también contribuyen significativamente al confort y bienestar de los usuarios.

En términos generales, el uso de pavimentos adecuados favorece la reducción del calor acumulado en superficies exteriores, mientras que la incorporación de vegetación mejora la calidad del aire, proporciona sombra y regula la temperatura. Las celosías y fachadas ventiladas optimizan la ventilación natural, reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos y promoviendo el flujo de aire. Finalmente, las cubiertas frías y los sistemas de impermeabilización eficiente disminuyen la ganancia térmica y protegen la edificación frente a la radiación solar y la humedad.

Estas estrategias permiten una intervención sustentable, adaptable y de bajo impacto, para así mejorar el desempeño ambiental del hospital, generando un entorno saludable y eficiente.

La propuesta de intervención no se limita a la fachada del hospital, sino que plantea una organización espacial en las áreas exteriores, donde el paisaje se convierte en un recurso arquitectónico y bioclimático activo. El diseño considera andadores, plazas de estancia y zonas de transición que articulan los accesos principales con las áreas verdes, conformando un recorrido ordenado y legible para usuarios, visitantes y personal médico.

El proyecto de paisaje incorpora vegetación (nopal, huizache, mezquite, encino, fresno y maguey) seleccionada para cumplir funciones de sombra, regulación térmica, captación de humedad y delimitación natural de espacios.

DEFINICIONES

D1. Confort higrotérmico (Pag. 7): Implica una acción involuntaria y cotidiana tan simple como la sensación de no experimentar ni frío ni calor, teniendo en cuenta los niveles de humedad del ambiente. Este equilibrio condiciona las acciones de un individuo y puede llegar a alterar sus niveles de productividad o cansancio, entre otras cuestiones.

D2 Condiciones macroclimatológicas (Pag. 9): Aquellas condiciones que caracterizan al clima de una región.

D3 Condiciones microclimatológicas (Pag. 9): Aquellas condiciones que caracterizan el clima de una localidad específica.

D4 Caducifolias (Pag. 21) : El término caducifolio se utiliza para explicar el fenómeno natural por el cual las hojas de algunas plantas, arbustos y árboles “caducan” en ciertas épocas del año. (35.)

D5 Perennifolias (Pag. 21): Hay árboles que conservan su verdor y sus hojas sin importar los cambios de estación ni los períodos de reposo vegetativo. A la flora con esta característica distintiva se le identifica con el término perennifolio, compuesto por el vocablo “perennis” que significa perenne o duradero, y “folium” que hace referencia a la hoja. (36.)

D7 Fachadas dobles (Pag. 48) : La fachada de doble piel es un sistema de revestimiento arquitectónico que consiste en dos capas de paredes, separadas por una cámara de aire. La cámara entre las dos superficies puede variar en grosor desde unos pocos centímetros hasta varios metros y puede ser ventilada de forma natural o mecánica. Esta solución constructiva aprovecha la interacción entre las dos capas para mejorar la eficiencia energética del edificio, regulando la temperatura interna según las condiciones climáticas externas. El resultado es un sistema que puede reducir significativamente el uso de sistemas de climatización y calefacción, mejorando al mismo tiempo el confort habitacional.(37.)

D8 Las islas de calor (Pag. 13): Fenómeno que se produce en aquellas zonas urbanas que experimentan temperaturas más altas que las zonas circundantes debido a la actividad humana. La causa principal son la acumulación de estructuras, como edificios, aceras o asfaltos, que absorben más calor y lo liberan más lentamente (38.)

D9 Fenómeno de reflectancia (Pag. 40): medida que indica la proporción de radiación electromagnética que es reflejada. Es decir, la reflectancia es una magnitud física que sirve para comparar la radiación electromagnética incidente sobre una superficie con la que refleja.

Por ejemplo, si una superficie de un material concreto tiene una reflectancia de 0,65 significa que el 65% de la luz que incide sobre dicha superficie es reflejada. (39.)

D10 Melatonina (Pag. 46): La melatonina, conocida como la “hormona del sueño”, es una sustancia natural que el cuerpo produce para regular el ciclo de sueño y vigilia. Su liberación aumenta con la oscuridad, lo que ayuda al organismo a prepararse para dormir. Pero a pesar de poder separarla en nuestro propio organismo, su uso en forma de suplemento se ha popularizado como una ayuda para conciliar el sueño o mitigar los efectos del desfase horario. (40.)

REFERENCIAS

- 01.** Arquitectura bioclimática, las construcciones que respetan el medio ambiente. (2025). Iberdrola. Recuperado 19 de junio de 2025, de https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestro-modelo-innovacion/que-es-arquitectura-bioclimatica?utm_source=chatgpt.com
- 02.-** Cirina, V. (2024, 24 junio). Proyecto de hospital. Archweb. <https://www.archweb.com/es/proyecto-hospitalario/>
- 03.** Nicolas, & Nicolas. (2025, 4 enero). “Bioclimática (Arquitectura)”. El Arqui MX | Blog de Arquitectura Online.<https://acortar.link/T1wl4i>
- 04.** Energía a debate: Una revista escrita por expertos del sector energético. No. 13, Febrero-Marzo 2006, pp. 39-42
- 05.** Ochoa, A. (2023, 28 agosto). Arquitectura: todo lo que debes saber de esta disciplina. Architectural Digest. <https://acortar.link/HHbjXG>
- 06.** Meli. (2017, 16 abril). Confort Higrotérmico: reemplazá el malestar por la comodidad térmica. Ingenieria y Eficiencia.<https://acortar.link/50j1zW>
- 07.** Arquitectura bioclimática, Primera edición. (2015). [Impreso]. Beatriz Garzón.
- 08.** Reloades. (2024, 7 mayo). Diseño bioclimático y arquitectura hospitalaria: hacia un enfoque sostenible. Árgola Arquitectos. <https://acortar.link/jelwtL>
- 09.** MANUAL DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y SUSTENTABLE
PAG. 19
- 10.** Diaz, G.(2024b,enero18).Arquitecturabioclimática:definiciónyestrategias.Architectural Digest.<https://acortar.link/w6e7fp>

- 11.** Pedro Francisco Sánchez Nava, Ivan Sprajc - Arqueología mexicana, ISSN 0188-8218, Vol. 19, Nº. 118 (nov.-dic.), 2012 (Ejemplar dedicado a: El calendario maya), págs. 46-55)
- 12.** Cf. Victor Fuentes y Gracía, Roberto. Viento y Arquitectura. México, Trillas, 1995.
- 13.** Fernando Tudela, Ecodiseño, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. 1982, p. 201.
- 14.** Fausto Rodriguez, M., Confort Acústico, un problema arquitectónico. V Congreso Mexicano de Acústica, Querétaro, Qro., 1998.
- 15.** Jozef Cohen, Sensación y Percepción Auditiva y de los Sentidos Menores; México, Trillas, 1973.
- 16.** Y. Xu, Listening to Sound, the Criteria of Perception, Techniques et Architecture, Mayo, 1990.
- 17.** Gomez Salvatierra, L. S. (2023). Criterios de arquitectura bioclimática aplicados en el diseño de un hospital de categoría II-1 en la provincia de Huanta - Ayacucho, 2023 [Tesis de licenciatura]. Universidad Cesar Vallejo.
- 18.** Gobierno del Estado de Hidalgo. (2011). Tlaxcoapan – Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de <http://docencia.uaeh.edu.mx/estudios-pertinencia/docs/hidalgo-municipios/Tlaxcoapan-Enciclopedia-De-Los-Municipios.pdf>
- 19.** Núñez, S. (2022, 21 junio). Nopal: propiedades, beneficios y contraindicaciones. [ecologiaverde.com](https://acortar.link/pGKWOH). <https://acortar.link/pGKWOH>
- 20.** Acacia farnesiana - ficha informativa. (s. f.). <https://acortar.link/OqqovW>
- 21.** Atitalaquia Uno de los los 84 municipios mas bellos e importantes que conforma el Estado de Hidalgo. (s. f.). <https://acortar.link/HrBOS8>
- 22.** Chacón, J. y. V. (2023, 12 junio). Mezquite. Lifeder. <https://www.lifeder.com/mezquite/>

- 23.** Chacón, J. y. V. (2023a, mayo 1). Fresno. Lifeder. <https://www.lifeder.com/fresno/>
- 24.** Encinos o robles (género Quercus): características, usos, especies. (2019, 7 mayo). <https://acortar.link/epn0fr>
- 25.** Chacón, J. y. V. (2023b, mayo 5). Maguey. Lifeder. <https://www.lifeder.com/maguey/>
26. Rothschuh, U. (2023, 16 marzo). Cómo plantar un nopal. ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/como-plantar-un-nopal-4347.html>
27. Guías Prácticas, México Desconocido. Jardinería Mexicana
Los secretos de la Jardinería,
Aprendamos a cultivar,
Plantas de ornato,
Revista Mexicana, edición especial, 1992.
- 28.** Crecimiento inicial de mezquite (Propis Laevigata HUMB & BONPL. EX WILD) M.C. Johnston con cuatro mezclas de sustratos en condiciones de invernadero. (2014). [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bits>
- 29.** Bellido, A. (2023, 18 agosto). El fresno: [Siembra, cuidados, riego, sustrato, plagas y enfermedades]. Sembrar100. <https://www.sembrar100.com/arboles/el-fresno/>
- 30.** Jimenez, M. (2025, 23 marzo). Guía completa para el cultivo del encino: cuidados y propagación. Jardineria On. <https://www.jardineriaon.com/guia-completa-para-el-cultivo-del-encino-cuidados-y-propagacion.html>
- 31.** Martínez-Jaramillo, J., E.R. Morales-Maldonado, J.L. Vega-Chávez, S.L. Mejía-Olvera, R. Valdenegro-Tornez. 2019.
Porcentaje de germinación de dos variedades de maguey en sustratos orgánicos.
Investigación Agropecuaria 16: 24-32. 2019. ISSN: 2007-1353. www.investigacionagropecuaria.com.mx
- 32.** IndustrySurfer, & IndustrySurfer. (2023, 1 marzo). Pavimentación reflectante: una estrategia de pavimentación única para combatir el cambio climático. Industry Surfer. <https://acortar.link/mmNbx0>

- 33.** Grau, J. S. (2017). Pavimentos reflectantes para la mitigación del cambio climático. Parte I: Estudio teórico y de laboratorio. *ASFALTO*, VIII(28), 20, 21.
- 34.** Castellnou, X. (2025, 7 febrero). Cubiertas Frías o Cool Roof: ahorro energético e Impermeabilización eficiente. EXPERTOS EN IMPERMEABILIZACIÓN LÍQUIDA. <https://acortar.link/Fu5wzM>.
- 35.** Redacción. (2017, 21 mayo). Caducifolio | Definición, qué es, bosque, selva, ventajas y desventajas. Flores. <https://acortar.link/z3sdBH>.
- 36.** Redacción. (2017b, junio 23). Perennifolio | Qué es, definición, ejemplos, especies | Bosques, árboles. Flores. <https://acortar.link/FE00rt>.
- 37.** Automator. (2024, 8 noviembre). Fachadas de doble piel: qué son y cómo funcionan en la arquitectura moderna. BibLus. <https://acortar.link/LgnBNK>.
- 38.** Corporativa, I. (s. f.). Las islas de calor urbanas y sus efectos adversos para sus habitantes. Iberdrola. <https://acortar.link/WL7Cba>.
- 39.** Juárez, M. G. (2025, 31 julio). Reflectancia. Ingenierizando. <https://www.ingenierizando.com/optica/reflectancia/#%C2%BFQue-es-la-reflectancia>.
- 40.** Pintado, I. (2025, 5 noviembre). La melatonina podría ser clave en el sueño pero ¿afecta al corazón? ConSalud. <https://www.consalud.es/pacientes/melatonina-para-que-sirve-y-que-debes-saber-antes-de-tomarla.html>.
- 41.** Datos obtenidos del software: Rhinoceros con el plugin ClimateStudio y desde la plataforma Grasshopper con los plugins de LadyBug.
- 42.** Köppen, W. (1948). Climatología. Con un estudio de los climas de la Tierra. Fondo de Cultura Económica.
- 43.** García, E. (1984; 1986; 2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM.