Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Azcapotzalco

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Doctorado En Diseño Bioclimático

SUSTENTABILIDAD EN LOS EDIFICIOS RELIGIOSOS

DEL SIGLO XVII Y XVIII EN MÉXICO

ANÁLISIS COMPARATIVO POR BIOCLIMA EN TRES CASOS DE ESTUDIO

Mtra. Gloria María Castorena Espinosa

Tesis para optar por el Grado de Doctora

en el programa Doctorado en Diseño Bioclimático

Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

Director de Tesis

Dra. Silvia de Schiller

Dra. Sara Elizabeth Nava Naranjo

Dr. John Martin Evans

Dr. José Roberto García Chávez

México, Ciudad de México, marzo 2021

Resumen

Esta tesis investiga los principales elementos arquitectónicos de la sustentabilidad en los edificios religioso-educativos de los siglos XVII y XVIII en tres localidades de México: Querétaro, Oaxaca y Tepotzotlán. Uno de los propósitos es identificarlos, revalorizarlos y promover su implementación en las construcciones contemporáneas.

Se han empleado diferentes técnicas de investigación y herramientas de análisis bioclimático para evaluar el desempeño lumínico, de ventilación, asoleamiento y térmico de los materiales en algunos de los elementos arquitectónicos más relevantes.

Los tres casos de estudio se encuentran ubicados en lugares con climas diversos de la República Mexicana; por lo que las estrategias y criterios de diseño adoptados son diferentes. Sin embargo, en todos los casos se comprueba una adecuada respuesta a las condiciones climatológicas y al uso de los recursos naturales para obtener condiciones confortables en los interiores y una operación sustentable.

Se han seleccionado grandes conjuntos de edificios realizados por tres de las órdenes religiosas más relevantes en el periodo virreinal: los franciscanos, dominicos y jesuitas. Por lo tanto, tienen algunos elementos arquitectónicos comunes y otros distintivos del lugar y la orden a la que pertenecieron.

En este trabajo también se analizan las tecnologías ambientales usadas en ellos; aplicando los principios físicos, científicos y constructivos más avanzados de la época para implementar sistemas pasivos de iluminación, ventilación, refrigeración, recuperación y tratamiento de agua, producción y secado de alimentos, entre otros.

Abstract

This thesis researches the main architectural elements of sustainability in the religious-educational buildings of the seventeenth and eighteenth centuries in three locations in Mexico: Querétaro, Oaxaca and *Tepotzotlán*. The purpose is to identify and promote their implementation in contemporary constructions.

Different research techniques and bioclimatic analysis' tools have been used to evaluate daylighting, ventilation, insolation and thermal performance of materials in some of the most relevant architectural elements.

The three cases of study are located in places with diverse climates of the Mexican Republic; therefore, design strategies and criteria adopted are different. However, in all cases, an adequate response to weather conditions and the use of natural resources is measured for comfortable indoor conditions and sustainable operation.

Large buildings built by three of the most relevant religious orders in the colonial period: The Franciscans, Dominicans and Jesuits were selected. Therefore, they have some common architectural elements and other distinctive elements of the place and order to which they belonged.

This work also analyses the eco-technologies used in them; applying the most advanced physical, scientific and constructive principles of the time to implement daylighting, natural ventilation, passive cooling, water recovery and treatment systems, food production and drying, among others.

Índice

1	Introducción	1
1.1	Metodología para el análisis ambiental de edificios históricos	2
2	Arquitectura religiosa en España	6
2.1	Los primeros predicadores en España	7
2.2	Principios de la vida conventual	8
2.3	El islam	10
2.4	La edad Media	11
2.5	Los monasterios de los siglos XI, XII y XIII	
2.6	Los conventos de las órdenes mendicantes	13
2.7	Conclusiones	14
3	Arquitectura religiosos en la Nueva España	16
3.1	Edificios religiosos y educativos prehispánicos	17
3.2	Orígenes del urbanismo y la arquitectura religiosa a partir del siglo XVI en México	18
3.3	Orden en el convento novohispano	20
3.4	Arquitectura para la evangelización de la Nueva España	21
3.5	Los conventos	25
3.6	Materiales y sistemas constructivos	27
3.7	Conclusiones	29
4	Órdenes religiosas y la vida conventual en el México Virreinal	30
4.1	Franciscanos	31
4.2	Dominicos	32
4.3	Agustinos	33
4.4	Jesuitas	
5	Conjuntos arquitectónicos para la vida conventual en México	35
6	Arquitectura franciscana	39
6.1	La vida franciscana en los conventos	
6.2	Querétaro	40
6.2.1	Los primeros pobladores de la región	41
6.2.2	Antecedentes prehispánicos	
6.2.3	Querétaro de Santiago en la época virreinal	42
6.2.4	Los franciscanos en Querétaro	43
6.3	El convento de San Francisco de Querétaro	45
6.3.1	Espacialidad Urbana	47
6.3.2	Funcionalidad Arquitectónica	48
6.3.3	Tipología Formal	49
6.3.4	Proporción	50
6.3.5	Materiales	51
6.3.5.1	Cubiertas	
6.3.5.2	Muros	52
6.3.5.3	Pisos	53
6.3.5.4	Columnas	54
6.3.5.5	Acabados	54
6.3.5.6	Puertas y ventanas	56
6.4	Tecnologías para la sustentabilidad	56
6.4.1	Climatización pasiva	57

6.4.2 Agua	61
6.4.3 Iluminación natural	62
7 Arquitectura Dominica	65
7.1 La vida conventual de los dominicos	66
7.2 La vida de los dominicos en los colegios	66
7.3 Oaxaca	67
7.3.1 Antecedentes prehispánicos	
7.3.2 Los dominicos en Oaxaca	
7.4 Convento de Santo Domingo de Guzmán en Oaxaca	69
7.4.1 Espacialidad urbana	
7.4.2 Funcionalidad arquitectónica	
7.4.3 Tipología Formar	71
7.4.4 Proporción	71
7.4.5 Materiales	
7.4.5.1 Cubiertas	
7.4.5.2 Muros	72
7.4.5.3 Pisos	73
7.4.5.4 Cantera	
7.4.5.5 Mármol	
7.4.5.6 Acabados	74
7.4.5.6 Puertas, ventanas y lucernarios	
7.4.6 Tecnologías ambientales	75
7.4.6.1 Climatización Pasiva	76
7.4.6.2 Los Claustros	
7.4.6.3 Iluminación Natural	77
7.4.6.4 Luz y aire	
7.4.6.5 <i>Ductos de luz</i>	78
7.4.6.6 Agua	79
7.4.6.7 Relojes Solares	81
8 Arquitectura Jesuita	82
8.1 La vida de los jesuitas	84
8.2 Tepotzotlán en el Estado de México	86
8.2.1 Primeros pobladores de la región	87
8.2.2 Asentamientos prehispánicos	88
8.2.3 Tepotzotlán durante la época virreinal	89
8.2.4 Los jesuitas en Tepotzotlán	90
8.3 Convento y colegio jesuita de Tepotzotlán	91
8.3.1 Claustro	
8.3.2 Traza urbana	96
8.3.3 Espacialidad Urbana	97
8.3.4 Funcionalidad Arquitectónica	98
8.3.5 Forma y proporción	
8.3.6 Materiales	102
8.3.6.1 Techos	104
8.3.6.2 Pisos	105
8.3.6.3 Puertas y ventanas	
8.3.6.4 Elementos ornamentales	106
8.3 7 Iluminación nocturna	

8.3.8 Acústica	108
8.3.9 Tecnologías ambientales	109
8.3.9.1 Climatización Pasiva	110
8.3.9.2 Iluminación natural	111
8.3.9.3 Agua	114
8.3.9.4 Producción y preservación de alimentos	115
9 Análisis del Clima en el tiempo	117
9.1 Análisis climático en Querétaro	126
9.1.1 Clima y <i>Bioclima</i>	
9.1.1.1 Temperatura	127
9.1.1.2 Radiación	
9.1.1.3 Humedad	128
9.1.1.4 Viento	
9.1.1.5 Conclusiones	130
9.1.2 Estrategias de Diseño Bioclimático	
9.1.2.1 Calentamiento	131
9.1.2.2 Humidificación/ Deshumidificación	133
9.1.2.3 Inercia Térmica y Masividad	
9.1.2.4 Ventilación	135
9.1.3 Conclusiones Diseño Bioclimático	138
9.2 Análisis climático de Oaxaca de Juárez	140
9.2.1 Clima y <i>Bioclima</i>	
9.2.1.1 Temperatura	141
9.2.1.2 Humedad Relativa	
9.2.1.3 Radiación	142
9.2.1.4 Fenómenos especiales	143
9.2.1.5 Viento	
9.2.1.6 Conclusiones	144
9.2.2 Estrategias de Diseño Bioclimático para la climatización	145
9.2.2.1 Calentamiento	
9.2.2.2 Enfriamiento	
9.2.2.3 Humidificación	146
9.2.2.4 Deshumidificación	
9.2.2.5 Inercia térmica y masividad	
9.2.2.6 Ventilación	147
9.2.2.7 Datos Horarios de Temperatura y Humedad Relativa	148
9.2.2.8 Carta Bioclimática y Diagrama <i>Psicrométrico</i>	149
9.2.2.9 Triángulos de Confort y Predicción del Voto Medio	150
9.2.2.10 Cuestionario de <i>Mahoney</i>	151
9.2.3 Conclusiones de Diseño Bioclimático	
9.3 Análisis climático de Tepetzotlán en el Estado de México	153
9.3.1 Clima y <i>Bioclima</i>	
9.3.1.1 Temperatura ambiente	
9.3.1.2 Humedad	154
9.3.1.3 Precipitación	155
9.3.1.4 Radiación	156

9.3.1.5 Nubosidad	156
9.3.1.6 Fenómeno Especiales	
9.3.1.7 Viento	157
9.3.1.8 Conclusiones de Diseño Bioclimático	158
9.3.2 Estrategias de Diseño Bioclimático para la Climatización	
9.3.2.1 Calentamiento	
9.3.2.2 Enfriamiento	159
9.3.2.3 Humidificación/deshumidificación	160
9.3.2.4 Inercia térmica y masividad	
9.3.2.5 Ventilación	
9.3.2.6 Datos Horarios de Temperatura	161
9.3.2.7 Datos Horarios de Humedad	162
9.3.2.8 Carta Bioclimática y Diagrama Psicrométrico	163
9.3.2.9 Triángulos de Confort y Predicción del Voto Medio	164
9.3.2.10 Cuestionario de <i>Mahoney</i>	165
9.3.3 Conclusiones del Diagnóstico Bioclimático	
10 Modelos de Evaluación	167
10.1 Simulación gráfica	
10.1.1 Sistema de ventilación natural en Oaxaca	
10.1.2 Cava y frigorífico en Tepetzotlán	169
10.2 Simulación numérica	173
10.2.1 Análisis del comportamiento térmico en muros de piedra en tres climas.	
10.2.1.1 Muro de piedra en Tepetzotlán	176
10.2.1.2 Muro de piedra en Querétaro	179
10.2.1.3 Muro de piedra en Oaxaca	182
10.2.1.4 Comparación Final	184
10.3 Simulación en modelos a escala	
10.3.1 Estudio de sombras en patios en el Ex convento de Santo Domingo en Oaxaca	
10.3.1.1 Primavera	187
10.3.1.2 Invierno	196
11 Conclusiones	
11.1 Conclusiones Generales	203
11.2 Conclusiones de Estrategias de Diseño	206
11.3 Conclusiones en el uso de Tecnologías Ambientales	207
11.4 Investigaciones subsecuentes	208
Bibliografía	209
Índice de figuras	220
Glosario	238

Prólogo

La cultura novohispana construyó importantes conjuntos arquitectónicos de orden religioso para cubrir las funciones de la evangelización, así como para solventar las necesidades espaciales y ambientales de habitabilidad de los nuevos pobladores del recién descubierto nuevo mundo en América.

Las primeras construcciones fueron de una sencillez acogedora, de dimensiones acotadas por la funcionalidad del espacio como respuesta a las actividades humanas. Este parámetro dio origen a las primeras ermitas, capillas de indios y cuartos parroquiales. Se pensaría que esta arquitectura humilde debía de ser bien recibida, como recibida debía ser la religión católica, sin embargo, los espacios prehispánicos superaban estos pensamientos, porque lo que había a la llegada de los nuevos pobladores era imponente; se distinguía por sobredimensión de la función y la exaltación de una visión religiosa cosmogónicamente armónica, emplazada, orientada y articulada a los recursos naturales. Así, lo sencillo fue sumándose horizontal y verticalmente a la tierra, al sol, el viento, la vegetación y el agua; hasta formar conjuntos arquitectónicos en los que la vida se desarrollaba con funciones de habitabilidad como descanso, aseo, recreación, alimentación; y actividades especializadas como la medicina, las ciencias, la cultura y el arte. Estos espacios también guardaron el conocimiento en históricas bibliotecas. La educación tomó un papel prioritario para las órdenes religiosas, en conventos, seminarios y colegios.

Las actividades cimentadas en la ciencia, como la alquimia aplicada en las boticas, la medicina en los hospitales y enfermerías, o el equilibrio químico y físico de la materia, para la conservación de los alimentos se desarrollaron con el secado solar, con salmuera, endulzantes, aceites y humos; así como la preservación del vino, que se realizó en espacios diseñados para controlar la temperatura, la obscuridad y la humedad precisa.

De todas estas actividades los espacios de mayor jerarquía fueron los destinados al culto; las pequeñas ermitas se incorporaron a los conjuntos como capillas

domésticas o para el sacramento del bautismo con coloridos y ornamentados bautisterios decorados con pilas bautismales ejecutadas con las manos, el pensamiento y la imaginación indígena. La función de la ermita se extendió a la Iglesia, la cual se complementó con la sacristía, el coro y el atrio. Este último, conformado por capillas posas, capillas abiertas y un cementerio.

Esta diversidad de actividades, la adecuación al entorno físico natural y climático, determinaron la sencillez o la complejidad de edificios y conjuntos religiosos, en una amplia diversidad de soluciones arquitectónicas y urbanas en México.

La arquitectura religiosa alberga en su interior tres siglos de vida en la fe, la educación, las artes y el conocimiento; tres siglos de transculturización europea e indígena y trescientos años de adaptarse al clima, con insuperable estética y armonía conceptual.

¿Cuáles estrategias de diseño bioclimático están presentes en la arquitectura histórica?

¿Cómo es que hoy en día estos espacios conventuales continúan albergando al hombre con dignidad, conservando su valor ambiental, funcional y estético?

Una de las razones por las que estos espacios surgen y se mantienen vivos corresponde a la similitud climática entre México y España. Esta analogía permitió que las tipologías formales y funcionales se adaptaran en el nuevo continente a los requerimientos humanos de bienestar humano.

El esquema arquitectónico se desarrolló con la construcción de edificios rodeando un espacio abierto, lo que permitió crear una condición micro-climática controlada. El claustro con el patio central o lateral, unido a través de los pórticos a los espacios interiores permite una sutil transición térmica, lumínica, acústica y un juego de percepciones a los sentidos de los usuarios.

Los centros ceremoniales prehispánicos se caracterizaron por la aplicación de la isóptica y la acústica en el diseño de las plazas principales, donde el locutor situado a lo alto de la pirámide, podía articular sonidos y ser escuchado y observado desde cualquier punto de la explanada.

Este conocimiento se sumó al de los templos hispanos que dominaban las propiedades sonoras y visuales, desde el altar y los púlpitos al interior de la Iglesia y que posteriormente aplicaron estos saberes en las capillas abiertas en las cuales se crea una fusión espacial entre el templo y plaza.

Resurgen así, las tipologías arquitectónicas y elementos constructivos propios de la nueva cultura novohispana que, hoy en día, son distintivo mexicano: Las capillas abiertas, los atrios con sus capillas posas, las amplias explanadas conformando plazas que albergan en su centro la cruz atrial ornamentada por elementos simbólicos del México antiguo.

Una condición imprescindible para la selección del sitio y emplazamiento de las edificaciones fue la disponibilidad del agua.

A nivel urbano, en una sustentabilidad ambiental, se anexan a los conjuntos arquitectónicos los apantles prehispánicos para formar la zanja real, se extiende el temaxcal (baño de vapor de insuperable ahorro de agua) para dar paso a los servicios, baños y letrinas; se definen geométricamente los jagueyes (sistemas irregulares de almacenamiento de agua de escorrentía) en estanques o aljibes.

En algunos casos, se construyeron esbeltos acueductos que extendieron longitudinalmente, por medio de la gravedad, las venas de ríos y manantiales. En otros, se captó el agua de lluvia; se condujo, filtró y almacenó este preciado líquido para ser utilizado, reutilizado y tratado antes de devolverlo sano a la propia naturaleza para permitir la continuación del ciclo del agua.

De otra manera, las edificaciones y agrupaciones de las mismas no hubieran crecido, ni permanecido habitadas durante varios siglos.

El Teocalli (centro religioso prehispánico) es reutilizado en su basamento y como material de construcción para la para la erección de Ermitas, Capillas, Iglesias, Colegios y Conventos.

Esta suma cultural dio origen a una nueva sociedad, la cual fusionó el respeto a naturaleza y la experiencia tecnológica ambiental del antiguo mundo europeo.

Los edificios religiosos aportan invaluable conocimiento, ya que surgen como ejemplos de la arquitectura de la Nueva España en el Siglo XVI. Se realizan ampliaciones y adecuaciones en el Siglo XVII y se ornamentan y consolidan en el Siglo XVIII, formando el patrimonio histórico del Siglo XXI, por ser elementos arquitectónicos del ordenamiento del territorio y principio de la formación de las ciudades novohispanas, así como un punto clave en la referencia cultural, económica y ambiental mexicana.

Desde una perspectiva sustentable, se analiza el comportamiento de los conjuntos arquitectónicos religiosos destinados a la educación por su relación al clima y el aprovechamiento y preservación de los recursos naturales.

En esta investigación se analizan y evalúan las variables de diseño aplicadas en la arquitectura y el urbanismo en respuesta a las condiciones climáticas de tres localidades como diversidad en los casos de estudio, edificados por tres diferentes órdenes religiosos.

Los conjuntos analizados son: El ex colegio jesuita de Tepotzotlán, en el Estado de México, con un *bioclima* semifrío; el ex colegio dominico de Santo Domingo en Oaxaca de Juárez, Oaxaca, con un *clima* semicálido y el ex colegio franciscano de San Francisco en Querétaro, Querétaro con un *bioclima* templado seco. Estos tres climas se definieron conforme a las bases establecidas en *Clasificación por Bioclimas para la República Mexicana* (Fuentes y Figueroa, 1998).

En conclusión, la presente investigación busca analizar, evaluar y documentar el comportamiento bioclimático y sustentable de tres conjuntos religiosos, actualmente reconocidos por su valor histórico, para enriquecer su acervo desde una línea de investigación bioclimática y sustentable.

Planteamiento del problema

Identificar los principales ejes de la sustentabilidad utilizados durante el virreinato en las edificaciones religiosas-educativas y su posible uso en la arquitectura mexicana contemporánea y futura.

Justificación

Existe en México un invaluable legado histórico arquitectónico, poco analizado desde el punto de vista de la sustentabilidad, del uso eficiente de la energía y en cuanto al aprovechamiento consciente de los recursos naturales.

La Metodología de Diseño Bioclimático, desarrollada en la UAM-Azcapotzalco por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet, es adaptada para el estudio y evaluación del comportamiento climático y tecnológico de edificaciones religioso educativas con valor ambiental. Aplicada en tres ejemplos de patrimonio arquitectónico, con diferente *bioclima*, localizados en la República Mexicana, para el análisis, evaluación y comprobación de los conceptos y estrategias de diseño bioclimático y tecnologías ambientales en cada caso de estudio, para su difusión y para la preservación del conocimiento ambiental.

Se desarrolla la presente investigación como acervo de los antecedentes de la sustentabilidad en México.

Hipótesis general

Los edificios religiosos-educativos de los siglos XVII y XVIII eran diseñados y construidos con consideraciones del sitio y climáticas. Utilizaban tecnologías constructivas adecuadas al clima y tecnologías ambientales; que les permitían la autonomía.

Hipótesis particulares

- Es posible desarrollar un sistema de evaluación particular para los edificios de los tres casos de estudio.
- Existen diferencias arquitectónicas y urbanas entre cada uno de los conjuntos religiosos como respuesta al clima.

- Las tecnologías ambientales de la época están presentes en los tres conjuntos analizados.
- Existen diferentes alternativas de solución en los edificios religiosos en el uso y eficiencia de la energía.
- La utilización de los recursos naturales permitió la autonomía en los conjuntos arquitectónicos

Objetivo general

Identificar, analizar, evaluar y comparar, a través de las estrategias de diseño bioclimático y eco-tecnologías existentes, la sustentabilidad en tres conjuntos religiosos con tres condiciones bioclimáticas distintas en México.

Objetivos particulares

1. Identificar las características de los usuarios, las funciones y principios de las órdenes religiosas y la forma de vida en los espacios arquitectónicos.
2. Identificar y localizar geográficamente los tres conjuntos religiosos mexicanos.
3. Comparar la localización geográfica de los tres conjuntos con la clasificación por *bioclimas* de la República Mexicana.
4. Encontrar similitudes y diferencias formales, funcionales y de partido arquitectónico por condición climática.
5. Analizar y evaluar la respuesta sustentable y bioclimática de tres casos de estudio.
6. Identificar y cuantificar los beneficios ambientales y las tecnologías empleadas.

7. Difundir el conocimiento del comportamiento bioclimático y de las eco-tecnologías presentes en cada caso de estudio.

Aportación al diseño

Caracterizar los edificios históricos religiosos del siglo XVII y XVIII, con una perspectiva bioclimática y de diseño ambiental que permita entender los antecedentes de la adecuación de la arquitectura al medio físico y climático en México, para la revaloración, conservación y preservación del patrimonio histórico con valor ambiental.

1 Introducción

La arquitectura religiosa es el resultado de la evolución del conocimiento humano espiritual. En los edificios religiosos se plasma en el tiempo, la historia de las necesidades sociales, culturales (costumbres y normas), económicas y ambientales (adecuación al clima y utilización de los recursos naturales).

Los religiosos del viejo continente y su comunidad edificaron ermitas, templos, monasterios, conventos, colegios y hospitales, entre otros, en diferentes ecosistemas: desiertos, bosques, colinas y valles, estableciendo un orden urbano en comunidades aisladas, rurales y en las urbes de la época, con criterios y principios de un desarrollo sustentado en el disfrute y aprovechamiento de los recursos de la naturaleza local.

Los centros ceremoniales del México antiguo fueron el núcleo de los asentamientos prehispánicos bajo un respeto y armonía a los elementos naturales como el agua, el viento, el fuego y la luz referenciada al sol, o la fertilidad referida a la tierra.

La suma del conocimiento hispano a los saberes del antiguo mundo de las culturas indígenas se encuentra aún vivo en el patrimonio del medio construido.

El estudio de los conjuntos religiosos nos permite entender el conocimiento que encierran las edificaciones para funcionar pasivamente. Como a través de la tecnología del momento se cubrieron las necesidades de climatización, iluminación, acústica, aromatización y calidad del aire, bienestar espiritual y sanidad en las edificaciones y sus áreas complementarias.

Documentar el valor ambiental de la arquitectura con valor patrimonial permite revalorar los edificios históricos y entender los antecedentes de la sustentabilidad acordes a una sociedad, una economía y un ambiente natural local.

1.1 Metodología para el análisis ambiental de edificios históricos

Basada en la Metodología de Diseño Bioclimático ([Fuentes, 2002.]) se propone la adecuación de la siguiente metodología en la que algunos de los componentes son los mismos, pero con un análisis retrospectivo del diseño.

Un agregado importante a la metodología de Diseño Bioclimático son las fuentes orales de cornistas, historiadores y pobladores; para sustentar las conclusiones de diseño.

Análisis regional

Se estudian y analizan las características regionales que determinan la condición climática y física del lugar.

- Orografía

Se analiza la topografía, considerando las elevaciones existentes, cerros, montañas, sierra etc. Estos elementos son factores modificadores del viento y de la cantidad en horas de la energía solar en forma de radiación directa; así como de las sombras que generan los edificios y el entorno mismo.

La topografía influye significativamente en los escurrimientos y formación de los afluentes naturales y sus sistemas derivado.

- Edafología y Geología

La capa edáfica y a mayor profundidad la geológica, caracterizan las propiedades de composición y resistencia de los materiales útiles para la construcción. La localización de bancos de material permite identificar el origen de los materiales empleados en la construcción de las edificaciones históricas.

La edafología permite identificar la tierra, que con el proceso de moldeado y cocción fue utilizada en pisos y cubiertas.

Los elementos geológicos como bancos de material constructivo, principalmente canteras, otros como el tepetate, tezontle y el recinto.

- Vegetación

Las especies vegetales también se incorporaron a los procesos constructivos, pastos, cenizas, savia de nopal, formaron agregados de la arcilla para estabilizar las propiedades físicas, térmicas y de conservación de los materiales constructivos creados.

La estructura vegetal soportada en varas, horcones vigas y gualdas, troncos y carrizos, dependiendo de la disponibilidad de la vegetación en el sitio. Tablas y tablones de las especies arbóreas complementan el mobiliario y los dispositivos de control en puertas y ventanas.

- Hidrología.

El seguimiento del camino del agua determinado por sistemas naturales y artificiales en el tiempo.

A nivel regional se localizan las fuentes de abastecimiento de agua de los conjuntos conventuales, regularmente corresponde a los manantiales y el sistema de canalizaciones; las cajas de distribución y acueductos. El camino del agua también incluye los puentes que se construyeron para permitir libremente el paso del agua.

Los cantos rodados de ríos y arroyos fueron el catálogo de materiales utilizados para la construcción y pavimentos de los caminos y las áreas exteriores de patios de servicio y caballerizas.

- Camino de intercambio cultural y de mercancías

Los espacios continuos, destinados a la movilidad, desplazamiento de mercancías e intercambio cultural son elementos de conectividad y control estratégico para el emplazamiento de edificaciones y las vías de comunicación. La topografía y los pasos de agua fueron condicionantes ambientales en su diseño y construcción.

Análisis Climatológico

Los elementos imprescindibles en el análisis climatológico para entender el comportamiento de los edificios históricos son:

- Temperatura
- Humedad Relativa
- Radiación
- Viento

Se deben utilizar valores normalizados para la obtención de datos horarios y estacionales en la determinación del clima y sus elementos. Estos resultados se pueden comparar con un análisis retrospectiva del clima para los valores de temperatura y la Humedad Relativa, que permita tomar decisiones en los modelos de evaluación.

La radiación se considera un valor constante, sin embargo, la contaminación es una variable en zonas urbanas. En este estudio se utilizan las simulaciones del trayecto solar para determinar las sombras de los edificios en los patios y construcciones contiguas.

Los análisis de incidencia solar son específicos por dispositivo, ya que estos pueden variar en sus dimensiones y acabados, al estar realizados de manera artesanal.

El viento es tan sensible que las modificaciones del entorno pueden generar alteraciones microclimáticas por lo que el estudio de viento se considera dentro del límite del predio.

Estrategias de diseño bioclimático

Definir las estrategias de Diseño Bioclimático aplicadas en la arquitectura y los espacios exteriores para el intercambio de energía bajo el principio de bienestar humano.

- Climatización
 - Calentamiento/Enfriamiento
 - Humidificación/Deshumidificación

Inercia térmica y Masividad/Intercambio térmico y Ligereza
Ventilación/Renovación

- Iluminación
- Acústica
- Conclusiones de diseño con valor ambiental

Análisis Arquitectónico

- Esquema arquitectónico
Identificar los cuerpos sólidos y los espacios abiertos para entender el intercambio de energía entre el medio natural y el medio construido.
- Percepciones sensoriales
A través de los patios los edificios reciben iluminación, ventilación, asoleamiento, aromatización, humidificación, así como temperatura radiante, y elementos sonoros.
- Orientación
Sombras propias de las edificaciones y el entorno inmediato.
- Trayectoria Solar
Determinación del eje térmico por trayecto solar.
- Flujos de Viento
Trazo del eje eólico y su comportamiento en la arquitectura y/o el conjunto arquitectónico
Viento como sistema de refrigeración
Viento para la disipación de humo
- Visuales
Los elementos del paisaje circundante
- Análisis del edificio histórico
Tipología formal: Plantas, cortes por sección y fachadas
Tipología funcional
- Materiales y sistemas constructivos Vs Eficiencia Energética
Intercambios de temperatura
Humedad ambiental en espacios interiores y exteriores

Humedad contenida en los materiales

Flujo del viento al interior de los espacios

Energía para la Iluminación

- Tecnologías ambientales

Se deben registrar en planos acotados e imágenes fotográficas

Cuando sea necesario obtener las lecturas térmicas, lumínicas y acústicas.

Monitoreo en sitio de Intercambios energéticos

Obtener los valores de temperatura, humedad, viento, iluminación, comportamiento acústico de los espacios exteriores e interiores simultánea para el análisis.

Tomar mediciones de la temperatura de superficie de los materiales.

Modelos de simulación de intercambios energéticos

- Numéricos
- Modelos Físicos
- Modelos Digitales

Conclusiones y documentación del valor ambiental de las edificaciones históricas

El analizar los edificios desde una perspectiva ambiental permite revalorarlos para su conservación, así mismo es el antecedente de una sustentabilidad local que permite el desarrollo de un marco normativo, aplicable en la arquitectura actual.

Algunos edificios históricos están siendo ocupados con un uso del espacio diferente para lo que fueron creados, si en la operación de los mismos se aprovecha la climatización pasiva y de ambientación se pueden reducir los costos de operación y agregar a la historia de estas construcciones un valor ambiental.

2 Arquitectura religiosa en España

La arquitectura religiosa es el resultado del conocimiento y la espiritualidad del hombre materializados en edificios y conjuntos arquitectónicos que documentan la historia de la humanidad. Esta connotación espiritual se ha caracterizado por la búsqueda de lo permanente o lo eterno, lo que ha permitido hasta nuestros días preservar, a través de la arquitectura y el urbanismo, la diversidad cultural, ideológica, constructiva, estética y ambiental.

La diversidad geográfica y climática en la que se asentó la arquitectura religiosa para la vida conventual generó un amplio legado de conocimiento sobre la adecuación de la arquitectura en el lugar, principalmente en el uso de materiales locales, en las tecnologías ambientales para la eficiencia energética y en el uso consciente y racional de los recursos naturales para satisfacer las necesidades biológicas y espirituales del hombre.

Hoy hablaríamos de lograr, a través de los espacios habitables, personas saludables bajo los principios de un desarrollo sustentado, en la propia naturaleza del lugar.

La presente investigación se centra en analizar y documentar el conocimiento que estos edificios y su entorno natural tienen en relación al sitio natural y a las necesidades del hombre; las respuestas de diseño a la condición del clima, a la vestimenta del momento y a las actividades de la vida que, día a día, se realizaban al interior de los conjuntos religiosos.

2.1 Los primeros predicadores

Los escritos antiguos de la época de los visigodos citan que los edificios destinados al culto cristiano se distinguían por su grandeza y por su lujosa ornamentación; ejemplos de ello pueden apreciarse en sitios como Orense, Mérida y Córdoba. Solo se puede confirmar esta riqueza en las columnas que fueron reutilizadas en los edificios actuales.

Un ejemplo es la basílica de San Juan de Baños de Cerrato ubicada en España, con un templo de planta cruciforme con tres naves, un crucero y tres ábsides; un convento agrupado alrededor del oratorio.

Figura 1. Catedral de Ourense. (wikipedia.org, 2017)

Figura 2. Catedral de Santa María en Mérida, España. (Extremadura Castillos y Palacios, 2012)

2.2 Principios de la vida conventual

En el siglo III, hubo un grupo de monjes consagrado en Siria y Egipto que encontró su espiritualidad estando lejos de la población; ellos vivieron en cuevas en contacto con la naturaleza. La vida eremitaña sentó la base para los primeros religiosos que surgieron en España con aspecto físico de abandono y falta de higiene, se acercaron a los pueblos para expresar su pensamiento a los habitantes de los pueblos, generando el malestar de las autoridades de la Iglesia, quienes establecieron los dogmas y las reglas para los predicadores. Así, en el año 380, el Concilio de Zaragoza prohibió a todo sacerdote secular volverse monje y a las mujeres menores de cuarenta años recibir el velo, ya que monjes vagabundos vendían reliquias. (Rahlves, 1969).

En el año 540 d.C., San Benito de Nursia el iniciador de la vida monástica determinó en Montecassino, Italia, las Reglas Benedictinas, que exigían a los religiosos oración, obediencia, conducta moral y espiritual. El documento se integra de un prólogo y 73 capítulos. (Biblioteca Digital Mundial 2017)-

En búsqueda de establecer y mantener la disciplina, el monje redactó la *Primer Regla Monástica* para establecer la forma de vida de los miembros que habitaban los conventos. “[...] Cada hora del día tenía sus oraciones; la liturgia interrumpía tres veces el sueño, y doce hermanos velaban y observaban el curso de las estrellas a fin de que su ritmo no cesara. Los monjes comían una sola vez al día y casi exclusivamente legumbres. Los domingos, antes de la comunión tenían que confesarse públicamente.” (Rahives, 1969). Esta lectura nos permite determinar la forma estricta de vida de los monjes en los conventos bajo la premisa de la oración y la eterna penitencia.

San Fructuoso era un monje español que habitó como ermitaño en varias cuevas a lo largo de su vida, fundó el convento de Compludo en España, sitio en el que sus seguidores, hombres, mujeres y niños se integraron en comunidad.

El segundo convento fundado por el monje Fructuoso es el Monasterio de San Pedro de Montes; su conservación permite entender los espacios y su arquitectura.

Figura 3. El Pico de la Aquina y a su falda Montes de Valdueza en los Montes Aquilanos. (wikipedia.org, 2008)

Figura 4. Monasterio de San Pedro de Montes de Valdueza. (wikipedia.org, 2007)

Figura 5. Ruinas de San Pedro de Montes, en Montes de Valdueza. (Zarateman, 2008)

Figura 6. Claustro ruinoso del ex Monasterio de San Pedro de Montes, en Montes de Valdueza. (Zarateman, 2008)

En España, el monje Isidoro, establece la Primer Regla monástica en la que describe la razón de la ubicación de cada uno de los espacios que integran al monasterio.

Según la Regla de Isidoro, el centro del edificio era un oratorio al que se añadían los dormitorios y las salas de trabajo para los monjes. El refectorio, con las cocinas y despensas estaban unidas por un pórtico, que posteriormente formaría el claustro. Dos ambientes eran comunitarios: los dormitorios y el refectorio, en este último se

reunían para compartir los alimentos. Los talleres y la hostería se abrían a la población local, mientras que el noviciado era un espacio privado.

“[...] [El monasterio] es de gran importancia, hermanos carísimos, que vuestro monasterio tenga extraordinaria diligencia en la clausura, de modo que sus elementos pongan de manifiesto la solidez de su observancia, pues *nuestro enemigo el diablo ronda en nuestro derredor como león rugiente con las fauces abiertas como queriendo devorar a cada uno de nosotros*. La fábrica del monasterio solamente tendrá en su recinto una puerta y un solo postigo para salir al huerto. Es preciso que la ciudad, por su parte, quede muy alejada del monasterio, con el fin de que no ocasione penosos peligros o menoscabe su prestigio y dignidad si está situada demasiado cerca. Las celdas de los monjes han de estar emplazadas junto a la iglesia para que les sea posible acudir con presteza al coro. La enfermería, en cambio, estará apartada de la iglesia y de las celdas de los monjes, con objeto de que no les perturbe ninguna clase de ruidos ni voces. La despensa del monasterio debe estar junto al refectorio, de modo que por su proximidad se presten los servicios sin demora. El huerto, asimismo, ha de estar incluido dentro del recinto del monasterio, en cuanto que, mientras trabajan dentro los monjes, no tengan pretexto alguno para andar fuera del monasterio.” (hispanomozarabe.es, 2007)

A finales del siglo VII inicia la decadencia del dominio visigodo; es el fin de la época antigua en España.

2.3 El Islam

Durante el dominio Islámico en España, Mahoma había ordenado la tolerancia y aceptación entre los musulmanes, judíos y cristianos, aceptando la diversidad de pensamiento. Las Iglesias y sinagogas de la época visigoda fueron destruidos y la actividad monástica redujo todas sus actividades.

Es a finales del siglo XI que se da la regeneración de la vida monástica cuando Alfonso XVI hace la donación del convento de Saint-Ruf, ubicado en Aviñón, Francia.

2.4 La Edad Media

La Iglesia había perdido el poder de restablecer el orden de un país fragmentado política y socialmente. Es bajo esta anarquía que Guillermo de Aquitania (910 d.C.) funda la abadía de Cluny, convirtiéndose en la sede independiente que establecería el orden en la Iglesia bajo el cumplimiento estricto de las *Reglas de San Benito de Murcia*.

Tomando fuerza moral, y con el apoyo del diezmo y las limosnas, se sumaron a la abadía de Cluny numerosos monasterios. Se crearon, junto a los prioratos, escuelas y talleres, empleándose las artes como medio para representar las escenas del Testamento. Con ello, los monjes de Cluny pasaron a convertirse en los educadores de los siglos XI y XII, como lo refiere la Catedral de Santiago de Compostela, los conventos, iglesias, hospederías y hospitales.

2.5 Los monasterios de los siglos XI, XII y XIII

Los monjes constructores apegaban sus diseños a la sencillez y se ajustaban a los modelos establecidos: La planta de conjunto muestra una separación entre los edificios del monasterio y los espacios públicos. La sala capitular, el refectorio, la cocina, los dormitorios y la biblioteca colindaban con la iglesia, mientras que el hostel, los talleres, los terrenos de cultivo y la enfermería conformaban otras zonas.

Los monasterios fueron aumentando sus funciones, con la adición de colegios, hospitales y áreas para recibir a la comunidad. Así, el claustro respondía las múltiples funciones que desarrollaban los monjes en una vida comunitaria.

El claustro es un distintivo de los conjuntos religiosos con sus fuentes, jardines, árboles frutales, siempre enmarcados por el ritmo de las columnas y la galería de las habitaciones que se caracterizaron por su silencio y privacidad.

Esto puede apreciarse en el Convento San Cugat del Vallés, en las cercanías de Barcelona.

Figura 7. Fotografía del Monasterio de San Cugat de Vallés. (Ranalias, 2007)

Figura 8. Planta de Conjunto. (Renalias, 2007)

Figura 9. Real Monasterio de Guadalupe. (hoteles.net, 2020)

Figura 10. Planta de Conjunto. (jdiezarnal.com, 2020)

Los monasterios del Siglo XIII se desarrollan bajo la organización de la Orden de Cluny (la más importante de la Edad Media), como una reforma de la Iglesia Católica basada en la *Regla de San Benito* (*Regula Sancti Benedicti*). En el Siglo XIII, la restauración de la regla benedictina es inspirada en la reforma gregoriana severa de los Cartujos, que caracteriza a la orden porque sus monjes y monasterios son austeros. Los monjes buscan encontrar a Dios en la soledad por lo que son monjes de contemplación y oración, regidos por los “*Statutos*” (Reglas) con tres principios principales: La separación del mundo, la guarda en la celda y la soledad del corazón. Sus monasterios reciben el nombre de “Cartujas”, ubicadas en grandes extensiones de terreno en el cual se encuentra el claustro grande, en donde se sitúan las habitaciones o celdas, los espacios comunitarios (cocinas, refectorio, bodegas, lavadero, etcétera) y los espacios destinados al trabajo artesanal como parte de la manutención de los monjes (talleres de carpintería, herrería, entre otros).

Figura 11. Planta de conjunto de la Cartuja de Miraflores. (Pazos, 2015)

Figura 12. Vista del conjunto de la Cartuja de Miraflores. (Gadea, 2013)

Figura 13. Retablo interior de la Iglesia de la Cartuja de Miraflores. (Gadea, 2013)

Los edificios monásticos se formaron por construcciones habitacionales adosadas a los muros exteriores de los claustros, comunicándose con estos últimos a través de una puerta. El edificio era de un nivel, y se encontraba distante de las poblaciones. Una iglesia con una nave remataba en el coro y solo había un altar.

2.6 Los conventos de las órdenes mendicantes

Las antiguas órdenes mantuvieron durante todo este tiempo los colegios y escuelas sin que ello les acercara a la población más necesitada.

Las órdenes mendicantes se caracterizan por vivir de donativos o limosnas. Los primeros que surgen en España, paralelamente a las órdenes anteriores, son los franciscanos, mismos que se distinguen por sus votos de pobreza, por el desapego a lo material, por su humildad, su sencillez y su cercanía con el pueblo.

Con los principios de San Francisco de Asís, la orden se origina en Italia y se extiende por toda Europa bajo la aceptación de la población pobre.

En España, estos preceptos son acogidos por Santo Domingo, quien forma la orden de los Dominicos con la tarea de combatir la herejía. Su formación científica y teológica les permitió adentrarse en la educación universitaria formando una clase culta tanto de religiosos como de laicos en la Universidad de Salamanca, en España.

En el Siglo XVI se forman los Jesuitas, bajo el precepto de San Ignacio de Loyola, con el emplazamiento del centro de las ciudades para la construcción de sus templos, monasterios y colegios. Los Jesuitas han sido relevantes por sus colegios, sus universidades y su labor misionera. Se rigen por las Reglas de la Compañía de Jesús y las Cartas de Obediencia.

San Ignacio de Loyola fue quien encargó, en 1551, al arquitecto florentino *Nanni di Baccio Bigio*, el diseño del primer templo jesuita. Y en 1554, Miguel Ángel la re-diseña; mandó sus planos por medio de una carta pero el proyecto permaneció inconcluso cuando Loyola falleció en 1556.

Figura 14. Planta y alzado de la Iglesia de Jesús. (Arquiplus, 2021)

Figura 15. Iglesia del Gesù, Roma, Italia. (Alejo, 2007)

2.7 Conclusiones

Después de la naturaleza como cobijo de los primeros religiosos incipientes, surgen los primeros monasterios cuya composición arquitectónica y forma de vida es normada por la Primer Regla de San Isidoro. En la Edad Media los monasterios se consolidan como una unidad con una Iglesia y un claustro para el desarrollo de las actividades básicas de la vida religiosa. Es en los siglos XI, XII y XIII cuando el monasterio como expresión arquitectónica de la vida religiosa va adicionando al claustro único de gran dimensión, locales para las diversas actividades como los talleres artesanales, para la producción de objetos como sustento de los monjes.

Las Cartujas monasterios cuyo distintivo es la sencillez son construidas por la orden de los Cartujos, lo que resulta un ejemplo arquitectónico de espacios diseñados particularmente para la vida de contemplación y oración. Ésta orden religiosa operó bajo la Regla de los *Statutos* con una humilde simplicidad.

Es la arquitectura de las órdenes mendicantes: franciscanos, dominicos y agustinos, en la que surgen los conventos que hoy conocemos, edificaciones destinadas al culto y la oración, con espacios anexos para las actividades de educación, con un elemento presente a lo largo de la historia de la arquitectura religiosa, el claustro como respuesta a la vida claustral.

La arquitectura monástica y conventual es el resultado de un diseño que responde en el tiempo a los requerimientos físicos y espirituales del hombre. Con preceptos y reglas que dieron orden a las congregaciones y a la arquitectura misma.

La arquitectura religiosa desarrollada por los jesuitas, se sumó a los principios de evolución de los monasterios y la consolidación de los conventos. La educación para laicos y religiosos se albergó en edificios para las ciencias y las letras, lo que incrementa las construcciones de los conjuntos conventuales.

3 Arquitectura religiosa en la Nueva España

Antes de la conquista, las construcciones en México se caracterizaron por conservar y mejorar en el tiempo las formas, funciones y sistemas constructivos de las poblaciones indígenas.

Las expresiones arquitectónicas en los espacios del vivir cotidiano se distinguen y agrupan por regiones climáticas, resultado de la utilización de los materiales locales y de la tradición de sistemas constructivos perfeccionados por la experiencia en el tiempo. Así surgen tipologías con elementos afines y diferencias que hacen del espacio un elemento de apropiación o bien por la utilización de materiales de construcción que forman la geología y/o la vegetación local.

Un ejemplo representativo de la arquitectura mexicana, aún vivo por estar habitado, lo es la casa maya. Localizada en el sureste del territorio mexicano, en un clima cálido húmedo, está asociada con la presencia de la selva baja. Su tipología formal es de base rectangular con dos ábsides en los extremos. Se eleva la edificación estructurada en cuatro horcones o postes de madera procedentes de los árboles locales, que soportan la cubierta inclinada en cuatro puntos, dejando en el extremo de mayor altura una salida de aire caliente. La selección de la madera depende del largo y la forma recta de la sección, mientras que el periodo para la tala está en relación al ciclo lunar ya que la madera se corta cinco días antes o cinco días después de la luna llena. El acabado de la cubierta es vegetal, generalmente de huano o palma de la vegetación local, un material que permite respirar a la edificación, al mismo tiempo que ofrece a los habitantes protección ante el sol y ante la lluvia.

Los muros tienen una base de piedra y posteriormente se elevan con bajareque o sillares para cubrir la función de privacidad y resguardo.

El espacio interior tiene amplitud vertical y horizontal, con un esquema abierto, de planta libre para el desarrollo de actividades múltiples; entre techos y muros que transpiran y en los que el viento cruza de un lado a otro para refrescar el interior.

En climas cálidos secos como los del norte del México antiguo se desarrollaron viviendas masivas de tierra como Casas Grande, localizada en Nuevo México, con angostas entradas de líneas rectas que siguen el perímetro de la forma humana, pequeños vanos diseñados para la iluminación y renovación del aire, limitando la superficie de intercambio térmico entre el interior y el exterior del ambiente a través de la masa y adición de las edificaciones.

El centro de Tenochtitlán tenía un clima templado en el que la casa presentaba dos espacios habitables, uno de ellos destinado a las habitaciones y el otro a la preparación de alimentos. Estas dos edificaciones compartiendo un patio para actividades al aire libre. El baño, a través del temazcal, conformaba un sistema eficiente en el uso del agua para el aseo corporal y la purificación interna; consistía de una arquitectura de barro, un material de fácil y rápida incorporación a su medio natural, y tenía una altura media y techos semiplanos.

Estos ejemplos de la arquitectura indígena son in legado de conocimiento del entorno aplicado a la vivienda y los que marcaron, con sus formas y proporciones, parte de los esquemas de la vivienda española del Virreinato.

3.1 Edificios religiosos y educativos prehispánicos

Los orígenes de la arquitectura religiosa en el México indígena tienen su principio en la admiración y veneración de los elementos naturales: el sol, el viento, el agua y la tierra, en sus transformaciones como lluvia, agricultura, muerte, fuego, etc.

La observación de los astros y los fenómenos naturales referidos en el tiempo son los principios del emplazamiento y orientación del *Teocalli*, que en lengua náhuatl significa “Casa de Dios” o “Iglesia” en el término cristiano.

El *Teocalli* era el edificio de referencia espacial para el crecimiento y orden de las ciudades. Asentado sobre una gran explanada o plaza en el punto de mayor elevación, para el control visual del conjunto y para ser visto por los habitantes desde cualquier punto. A partir del este elemento arquitectónico se situaban en orden jerárquico o rango social los edificios contiguos.

Según relatos del cronista Gaudencio Neri, en el *Teocalli* se encontraba el *Calmécac*, centro para la educación de los nobles encaminados a ocupar cargos importantes como el sacerdocio y la docencia. En él se enseñaban las ciencias y las artes, así como astronomía, medicina, moral, economía, filosofía, música y poesía. En el conjunto educativo, los estudiantes habitaban permanentemente los espacios.

A partir del *Teocalli* se desarrollaban cuatro barrios prehispánicos, referidos a los cuatro puntos cardinales principales: norte, sur, este y oeste. En cada barrio se localizaba un colegio denominado *Telpochcalli* que, a diferencia del anterior que solo era ocupado por los hombres sabios o sacerdotes, estaba destinado a la educación del pueblo, para la formación de distintos oficios tales como: guerreros, agricultores, constructores, artesanos y otros.

3.2 Orígenes del urbanismo y la arquitectura religiosa a partir del siglo XVI en México

Lo que somos como civilización y lo que construimos a lo largo del tiempo tiene que ver indudablemente con los orígenes y el dominio cultural romano en el continente europeo, particularmente en la península Ibérica con España y la influencia multicultural derivada de la cercanía de esta con otros países del norte y este de Europa y con la colindancia hacia el sur con el continente africano a través del mar.

La ciudad Novohispana se emplazó respetando el trazo de origen indígena sobre una gran explanada, actualmente denominada plaza principal, rodeada por los edificios religiosos, administrativos y de comercio, así como la vivienda de los conquistadores españoles. En forma de anillos de castas, se localizaban los criollos, los mestizos, los indígenas y la población negra, formando en conjunto, el centro urbano con traza reticular ortogonal. En varias ciudades novohispanas, la población se dividió por fronteras naturales como valles, cerros y elementos hídricos como los ríos y arroyos; este último se ejemplifica en Puebla de los Ángeles, con la zonificación de castas a través del río de la Ciudad de Puebla en la ciudad de los españoles y la ciudad de indios.

El orden urbano de 1573 generó en América un marco jurídico denominado *Ordenanzas de Descubrimiento y Población*, en el apartado titulado “Asentamientos

de Nuevas Poblaciones” emitido por Felipe II, dando origen a una fundación ordenada de pueblos, villas y nuevas ciudades tanto de indígenas como de españoles. Según señala Kubler (1999), estas normas se desarrollan a partir tratado de Vitruvio, como se describe a continuación:

“Nuevas poblaciones... No se elijan en lugares muy altos porque son molestos de los vientos y es dificultoso el servicio y acarreo, ni en lugares muy bajos porque suelen ser enfermos: elijan en lugares medianamente levantados que gocen de los aires libre y especialmente de los del norte y del mediodía y si quieren detener sierras o cuevas sean por la parte del poniente y de levante y si por alguna causa se quieren de edificar en lugares altos sea en parte a adonde no estén sujetos a nieblas, haciendo observación de los lugares y asientos y habiéndose de edificar en la ribera de cualquier río, sea de parte del oriente de manera que saliendo el sol de primero en el pueblo que en el agua.” (Vitrubio Polión, 1999)

Estas ordenanzas fueron pensadas y escritas en Europa, pero, a pesar de ello, existen elementos de concordancia que permitieron certeramente desarrollar la planeación urbana y arquitectónica de la Nueva España en América.

La ordenanza 114 establece: “De la plaza salgan cuatro calles principales; una por medio de cada costado de la plaza. Las cuatro esquinas de la plaza miren a los cuatro vientos principales porque de esta manera saliendo las calles de la plaza no estarán expuestas a los cuatro vientos principales que sería de mucho inconveniente.” (Felipe II, 1573) Cuando se aplica esta ordenanza coincide con la traza de origen prehispánico.

La ordenanza 116 indica: “Las calles en lugares fríos sean anchas y en los calientes sean angostas, pero para defensa a donde hay caballero son mejores anchas.” (*Idem.*)

Las calles principales en las ciudades prehispánicas presentan grandes secciones para permitir de paso de libre, sin embargo, las secciones difieren en jerarquía y condición de clima.

Finalmente, la ordenanza 119 señala: “Para el templo de la iglesia mayor parroquia o monasterio se señalen solares los primeros después de las plazas y calles y sean en isla entera de manera que ningún otro edificio se les arrime sino el perteneciente a su comodidad y ornato.” (*Idem.*). Esto resulta similar a lo que se presentó en los asentamientos indígenas donde el Teocalli ocupó el centro de la gran explanada, liberando su belleza, majestuosidad y espacialidad piramidal de los otros edificios.

3.3 Orden en el convento novohispano

Los nuevos asentamientos en la Nueva España se daban en sobreposición a los establecidos por la población indígena, en los cuales ya se había elegido el clima más amable con el hombre y se habían tomado en consideración la disponibilidad de agua y la fertilidad de la tierra, así como la presencia de vegetación y materiales de construcción.

La gran explanada, plaza, seguiría siendo el espacio central sobre el cual se trazaron las calles principales, los portales de peregrinos y la Iglesia, construida en la gran mayoría de los casos con los materiales mismos del *Teocalli*.

Sobre la misma plaza, perimetrales a la iglesia, se edificaron las Casas Reales y las Casas de Apoyo al conjunto religioso, la casa de cabildo del Consejo, ocupando los espacios de los edificios prehispánicos como los colegios de estudios tecnológico, científico y espiritual o *Calmécac*. la Casa de Gobierno Supremo, la Casa de recaudación, La Casa de los Artesanos, de los guerreros y otros.

Las Reglas de las órdenes religiosas (Regla de Isidoro, Regla de San Francisco de Asís, Regla de San Benito de Murcia, Regla de los *Statutos*), las Ordenanzas de Felipe II, del Virrey Don Antonio de Mendoza, ordenaron el desarrollo urbano y los edificios religiosos y a la nueva sociedad en el Virreinato, con los objetivos de ofrecer armonía entre los habitantes.

3.4 Arquitectura para la evangelización de la Nueva España

Los evangelizadores toman un papel significativo en la transculturación entre América y Europa. Las nuevas expresiones religiosas – arquitectónicas y urbanas en la Nueva España tenían la necesidad de crear espacios de transición, abiertos para la población indígena habituada a las ceremonias en espacios amplios al exterior.

Surgen los monasterios y conventos, con una particular necesidad de convertirse en colegios, pero también fungiendo como hospitales, boticas, hospederías, talleres y espacios de transformación y preservación de alimentos, entre otras funciones; todas ellas con una vida interior en comunidad.

Las actividades de evangelización y las celebraciones litúrgicas rebasaron los muros de la vida conventual y se extendieron a los espacios abiertos perimetrales de los conventos, creando nuevos espacios de estética y función propia, como las originales capillas abiertas o capillas para los indios cristianos y las capillas posas que remarcan los vértices de las bardas perimetrales del atrio.

Roberto Meli, en su libro *Los Conventos Mexicanos del siglo XVI*, se refiere a la ubicación de los conjuntos religiosos como “[...] las zonas de importantes asentamientos prehispánicos y las nuevas grandes ciudades fueron también sitios preferidos para la ubicación de las fundaciones de las tres órdenes. [...] Posteriormente fueron los asentamientos mineros.” (2011)

Esto se comprueba con la presencia de las edificaciones religiosas en distintas áreas como la ciudad de México, Michoacán, Querétaro, Oaxaca y posteriormente en las zonas mineras de Guanajuato, Zacatecas, Taxco, Pachuca y San Luis Potosí. Estas fueron las urbes de los primeros desarrollos que albergarían a la nueva sociedad. Se construyeron siguiendo los cánones europeos. “Los primeros edificios cristianos, las ermitas, eran edificios de pequeñas dimensiones que se

transformaron en iglesias y en edificios habitacionales para la vida conventual, con la finalidad de albergar a los religiosos encargados de la evangelización.

En estos sitios se construyeron monasterios que a su vez eran colegios y edificaciones destinadas a la producción y procesamiento de alimentos, productos y bebidas, más allá del vino de consagrar". (Rahlvés, 1969)

En el siglo XVI en la Nueva España, la nueva sociedad se educó bajo las enseñanzas de las principales órdenes religiosas mendicantes.

Llegan a América los primeros religiosos Franciscanos; posteriormente apoyan las tareas evangelizadoras los Dominicos y los Agustinos, siendo los Jesuitas los últimos en llegar a las nuevas tierras colonizadas.

Los primeros en llegar a la Gran Tenochtitlán son de doce Franciscanos en 1524 (Kubler, 2009). Ellos inician la construcción de su primer colegio en Texcoco, ocupando el centro del territorio: Puebla, Toluca y Tlaxcala, así como, posteriormente, Michoacán, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y la región de Tehuantepec.

Los Dominicos arriban en 1526, dos años después que los Franciscanos, ocupando el Valle de México, Puebla, Morelos y extendiendo sus enseñanzas hacia el sureste en el estado de Oaxaca.

Los Agustinos se asientan en México en 1533 en Puebla, Morelos, Michoacán, Oaxaca y en el estado de Hidalgo. Los centros de población tenían condiciones favorables para ser habitados, sin embargo, algunas áreas de las regiones ocupadas por la cultura otomiana, purépecha, matlatzinca y huasteca eran zonas con climas extremos y agrestes en las cuales se encontraban poblaciones de indios por evangelizar.

Los Jesuitas arriban en 1572 cuando parte del territorio se había dividido por las diferentes órdenes para su ocupación. Esta orden religiosa, con vocación en la educación, construye los colegios Jesuitas en la Ciudad de México, en Tepotzotlán (ubicado en el Estado de México), la Sierra Gorda de Querétaro, y hacia el norte del territorio en Chihuahua, Sonora y en el extremo oriente en la Baja California.

Figura 17. Plano de México en 1824. (wikipedia.org, 2010)

Seguendo la estructura urbana de los monasterios en España, se edificaron en la Nueva España conjuntos religiosos a través de la adición de claustros. Este esquema arquitectónico permitió ofrecer a los usuarios espacios interiores para el recogimiento y la espiritualidad. La arquitectura conventual se normó por la Traza moderada, bajo el siguiente criterio: Los edificios públicos dedicados al culto y la educación debían tener un templo, un coro, un sotocoro, una nave principal, el presbitero, un altar, una sacristía y un confesionario. Colindante al templo debía haber un atrio con una capilla abierta, las capillas posas y una cruz atrial, así como espacios destinados a la educación y a la salud.

Los espacios privados albergaban la vida conventual a través de claustros en los que se encontraban las celdas, los baños, el refectorio, la cocina, el frigorífico, la cava, los almacenes, la sala de profundis y la biblioteca. En las áreas abiertas se localizaba la huerta, el aljibe o estanque, las bodegas y los molinos.

En el México prehispánico, la traza urbana se estructuraba en forma reticular bajo la trayectoria solar, en los ejes norte-sur y oriente-poniente. Esto permitía la conformación de cuatro *calpullis*, denominados en el virreinato como “barrios”. Al centro, el templo o pirámide principal era coincidente con el origen de las coordenadas. Con base en los ejes reticulares prehispánicos se construyeron los pueblos y ciudades virreinales.

La ciudad de México, Querétaro, Michoacán, Guanajuato, Oaxaca, Zacatecas y otras más fueron las ciudades incipientes para la sociedad novohispana; en ellas se construyeron, siguiendo los cánones europeos, monasterios para albergar a los religiosos de las órdenes mendicantes en la evangelización e importantes monasterios-colegios para la educación de la nueva sociedad.

En 1550, el virrey Antonio de Mendoza describió a su sucesor el Virrey de Velasco las reglas y el estilo de las construcciones de los conjuntos conventuales de la siguiente manera: “[...] En lo que toca a edificios de monasterios y obras públicas ha habido errores, porque ni en los trazos ni en lo demás se hacía lo que convenía, por no tener quien lo entendiese ni quien diera orden de ello. Para remedio de esto, con los religiosos de San Francisco y de San Agustín concerté una manera de traza moderada y conforme a ella hacen todas las casas [...]” (Espinosa, 1996: 57)

Los criterios para la construcción de los conjuntos conventuales quedan unificados por el mismo Mendoza, para las tres órdenes mendicantes. La cuarta orden, la de los jesuitas, se suma a estas disposiciones.

Según el catedrático Edgar Franco Flores de la UAEH, “Hablar de conventos de las tres órdenes con características específicas es casi imposible, ya que las construcciones franciscanas, agustinas y dominicas siguieron las reglas impuestas

por el virrey para la construcción de sus conventos”. Y coincido con su opinión, porque los elementos principales que forman un convento se respetaron, los cambios están en las formas y proporciones, en los criterios de adecuación al clima de la localidad en donde se asentaron.

Don Antonio de Mendoza, unifica la forma que debían tener los conventos de las tres órdenes mendicantes. Estos edificios se emplazaron en las antiguas ciudades prehispánicas, como el conjunto religioso en Tepotzotlán en el Estado de México, Actopan en Hidalgo o Tepoztlán en Morelos; mientras que otros edificios religiosos utilizaron para la edificación de la iglesia y el conjunto conventual parte del material pétreo de los templos prehispánicos, por lo que las Iglesias quedaban desfasadas hacia un extremo del centro de origen. En el ex convento de San Francisco en Querétaro, por ejemplo, cambiaron totalmente de sitio y emplazamiento.

3.5 Los Conventos

Los terrenos con mayor elevación, tenían una visión amplia dominando la región, como punto de vigía, en ellos se edificaron los conventos, siendo la iglesia la de mayor altura y presencia. El claustro casi siempre emplazado hacia el sur de la Iglesia, era el segundo en la referencia espacial.

La vida monástica y conventual se sujetó a las *Reglas*, las *Constituciones* y al *Ceremonial de la orden*, un conjunto de normas y manuales administrativos, espirituales y religiosos para la vida conventual en comunidad.

Las actividades iniciaban en las primeras horas de sol con la celebración Eucarística, el desarrollo de oficios, el estudio, la oración y la meditación, y se extendían hasta el atardecer. Una vez llegada la noche el silencio dominaba los espacios.

Los alimentos tenían un horario estricto y con ellos se acompañaba la lectura y el aprendizaje, por lo que los espacios destinados a los alimentos debían cubrir las necesidades acústicas y lumínicas requeridas.

Para la obtención de los alimentos y la preservación de los mismos, la huerta y las hortalizas toman un espacio relevante, bañado de sol y abastecido de agua, por lo que los aljibes, pozos, zanjas de riego y acueductos están presentes en las áreas exteriores colindantes.

Las cocinas de leña, de humo, los frigoríficos, los secadores solares y las cavas permitieron la preservación de los alimentos y las bebidas.

Algunos datos sobre la vida de los frailes citan que, a pesar de las enfermedades que aquejaron a la población local como la viruela, estos tenían un promedio de entre sesenta y setenta años de vida (mexicodesconocido.com, 2010) y que, al morir, eran enterrados en el panteón localizado en el atrio, o si tenía una gran jerarquía, entonces era sepultado bajo el altar principal.

Debemos considerar tres elementos principales en un conjunto conventual eran:

El atrio, espacio exterior rodeado de arcos invertidos o muros bajos, que delimitan el espacio conformado por tres accesos, dos laterales y uno principal. En el cruce de los ejes se localizaba una cruz atrial este espacio también era la tierra santa o el cementerio para los religiosos de la orden. Así este espacio recibe a la Capilla abierta y a las capillas posas para las procesiones y celebraciones religiosas, siendo un espacio público, abierto a los religiosos y a los laicos aprendices.

La Iglesia, es el elemento de mayor jerarquía y presencia, la sacristía espacio contiguo a la iglesia para el apoyo en los oficios y el coro; estos eran los espacios arquitectónicos destinados a la oración.

En ellos, las actividades religiosas eran en un principio para los propios religiosos, posteriormente para los españoles, así como para los criollos y los indígenas, que poco a poco se fueron incorporando a las actividades religiosas.

Al sur o este de la iglesia, se localizaba el convento, con su portería de control y acceso al claustro principal en el que se realizaban las actividades educativas; el claustro secundario albergaba en planta baja las cocinas, refectorio y bodegas, mientras que la planta alta estaba destinada a los dormitorios.

Religiosos y novicios ocuparon estos espacios, unos en la educación otros en las labores del día a día, mientras que otros en los oficios y el apoyo a los enfermos.

En la huerta se encontraban las áreas de hortalizas y las zonas para los animales de corral, también los estanques, en los cuales se producían alimentos o se realizaban actividades recreativas. La contemplación se realizaba en las áreas abiertas, se deambulaba a través de andadores arbolados, mientras que para la oración estaban las capillas y altares que remataban en los caminos exteriores. Los conventos difieren unos de otros por la presencia o ausencia de la Capilla Abierta.

Dependiendo de la presencia y fuerza del agua los molinos de grano se localizaban al interior del conjunto o en otras propiedades de la orden fuera del conjunto.

En lo general los complejos arquitectónicos son muy similares en cuanto a la composición de los espacios que integran el conjunto.

Materiales y sistemas constructivos

Los materiales utilizados en las primeras edificaciones fueron los materiales locales: piedra, arcilla o tierra, sillar o tepetate, cal, paja, madera, entre otros elementos de origen natural.

Las primeras construcciones conventuales provisionales utilizaron el sistema constructivo de bahareque (Meli, 2011), el cual se utilizó en muros.

El material utilizado para la cimentación y los muros de planta baja de los edificios es la piedra, proveniente de los teocalis o edificios ceremoniales prehispánicos. La piedra y la arcilla se combinaron y se añadieron acabados de cal, arena y agua.

El barro cocido se utilizó a finales del siglo XV en ornamentación, pisos y en cubiertas. Los techos ocuparon el barro cocido, en la construcción de bóvedas y cúpulas. Este material se utilizó también en pisos y en muros, con agregados de piedra, vidrio o cerámica o simplemente como barro cocido.

Las estructuras de las cubiertas provisionales eran de morillos y zacate (Rojas, 1963), los cuales eran temporales y fueron sustituidas por terrado (cubiertas planas de tierra apisonada sobre una estructura de madera), bóvedas catalana y bóvedas de tabique, siempre recubiertas por un aplanado y pintadas a la cal.

Las puertas y ventanas eran casi siempre, de madera ensamblada. Las puertas y ventanas, se dividían en dos o cuatro secciones. Estas tenían una primera pieza de vidrio transparente y una segunda cubierta de madera sólida denominada postigo u oscuros por su función para controlar el paso de la luz y la privacidad, así como para tener un mayor control térmico y aislamiento acústico.

Las otras ventanas respondían a necesidades particulares de la función de cada espacio. Éstas eran translucidas o de materiales pétreos (como el alabastro) y estaban presentes en los espacios destinados al culto, en iglesias y capillas. Igualmente había ventanas con vidrio de carretón para iluminar tenuemente el espacio interior o ventanas de vidrio transparente para dejar entrar los rayos del sol.

La ornamentación tuvo variantes en el uso de materiales; desde espejos, artesanados de yesería, láminas de plata y oro hasta el dominante uso de madera policromada o madera recubierta de metales presente en los retablos de las iglesias.

La decoración con cantera, piedra tallada con formas geométricas, figuras humanas y elementos florales, recubrieron el exterior de las portadas de las iglesias, los arcos y las columnas de los atrios.

La pintura al fresco y pintura a la cal formaron el fondo de los altares, las bóvedas, el sotocoro y la decoración de muros, muchos de ellos encalados posteriormente bajo la ocupación militar o civil.

Conclusión

Los conventos desarrollados en el territorio de la Nueva España se construyeron bajo el principio de las ordenanzas y los preceptos de cada una de las órdenes religiosas sin limitar las necesidades espaciales, ni el bienestar del espíritu de la población.

“Los franciscanos debían reducirse a fabricar casas que no tuvieran más de seis celdas y ellos, humildes por excelencia, se apegaron a sus prescripciones. [...] Los dominicos construyeron grandes monasterios en la región mixteca de Oaxaca. [...] Los agustinos se excedieron aún más en algunas de sus casas.” (Rojas, 1963: 167).

El espacio físico, el clima, los materiales locales y los sistemas constructivos, sumados a la experiencia de la mano de obra indígena, dieron como resultado nuevas expresiones arquitectónicas que hoy ejemplifican la arquitectura virreinal de la época colonial en México.

4 Órdenes religiosos y la vida conventual en el México Virreinal

Son los religiosos, a través de la Iglesia Católica, el instrumento de conquista humanizada y los encargados de educar a través de la religión a los nativos en la denominada Nueva España bajo el principio de creencias, sociedad y cultura española.

Según Espinosa “El proceso de evangelización inicia en 1524 con la llegada de 12 franciscanos, a los que se unieron los dominicos en 1526 y los agustinos en 1533.” (Espinosa,1998). Todo comenzó propiamente cuando, unidas las tres congregaciones por la *Unión Santa*, establecieron lineamientos similares en los métodos de enseñanza, evangelización y organización territorial.

Dadas las condiciones climáticas México, las primeras construcciones se realizaron en las zonas templadas del centro del país y gradualmente se fueron extendiendo hacia el resto del territorio que incluye zonas cálidos secas en el norte y cálido húmedas en el sur y sureste.

Figura 18. Mapa con las zonas en que se asentó cada orden. (Redacción Emaze, 2015)

Figura 19. Mapa de la clasificación por Bioclimas para la República Mexicana (Fuentes-Figueroa, 1989).

Así los religiosos se asentaron en el territorio mexicano como se puede observar en la figura 18 del Mapa con zonas de ocupación por orden religiosa; en estas localidades se construyeron colegios, hospitales e importantes conjuntos religiosos.

La presente investigación eligió un convento de importancia para la orden de los franciscanos, los dominicos y los jesuitas. La segunda selección se realizó con base a la clasificación de climas y bioclimas para la República Mexicana, para tener tres condiciones climáticas diferentes. Con el objetivo de evaluar las coincidencias y diferencias en los conceptos y estrategias de diseño bioclimático.

Figura 20. Escudo de la Orden Franciscana. (Hilares, 2016)

4.1 Franciscanos

La orden es fundada por San Francisco de Asís. La congregación recibe el nombre oficial de Orden de Frailes Menores, comúnmente conocidos como franciscanos. Se rigen por la Regla de San Francisco de Asís.

Su voto de humildad y pobreza facilitó la aceptación de la población indígena, por lo que se instalaron en un principio en el centro del Valle de México, ocupando las principales comunidades indígenas y posteriormente ocuparon el sur y parte del norte; en este último fundaron las misiones o los primeros pueblos.

Fundaron las siguientes provincias: “Santo Evangelio de México (1536), San José de Yucatán (1559), San Pedro y San Pablo de Michoacán (1565), San Francisco de Zacatecas (1603) y Santiago de Jalisco (1606). La rama descalza fundó la Provincia de San Diego de México en 1599.

Por su parte, los Colegios de Propaganda Fide se establecieron en las ciudades de Querétaro, 1682; Guadalupe, Zacatecas, 1704; México, 1734; Pachuca, Hidalgo, 1771; Orizaba, Veracruz, 1799; Zapopan, Jalisco, 1812 y Cholula, Puebla, 1860.”. (Morales, S.D.: 3)

Figura 21. Escudo de la Orden Dominica. (Miranda, 2017)

4.2 Dominicanos

Los religiosos mendicantes reciben el nombre oficial de Orden de Predicadores, bajo el lema de “Alabar, bendecir y predicar”. Su símbolo distintivo es un perro y, por lo tanto, *Dominicanus* tiene por significado *el perro del señor*. Se rigen por la Regla Agustina basada en el amor caritativo y la espiritualidad de la vida contemplativa y activa; así como la Regla de San Benito de la orden benedictina bajo el principio de la oración y el trabajo.

La orden llega en 1524 al puerto de Veracruz con tres padres fundadores que se asientan en el sur y sureste del territorio ocupando el Valle de México, Morelos, Pueblo, Oaxaca y Chiapas; en el norte los dominicos se asentaron tardíamente en el siglo XVII en Guadalajara, la Sierra Gorda de Querétaro y Baja California; siendo la sede principal el convento de Santo Domingo en la ciudad de Puebla de los Ángeles.

Figura 22. Escudo de la Orden Agustina. (Miranda, 2017)

4.3 Agustinos

La tercera orden mendicante en aprobarse es la de los agustinos. Se caracterizaron por la construcción de hermosos templos de fusión estilística entre la cultura indígena y la europea. La Regla de San Agustín de Hipona, con el principio de amar a Dios y después al prójimo.

Llegan a la Nueva España en 1533 y se asientan en el centro del territorio mexicano, en la Gran Tenochtitlán; pero como la Cédula Real (Orden emitida por el Rey de España) no les permitió construir conventos se desplazaron al sur, a Morelos, Puebla y Guerrero, al norte hacia Hidalgo y hacia el oeste en Michoacán, siendo ejemplos significativos de su arquitectura los colegios de Guadalajara y Yuriria.

Figura 23. Escudo de la Orden Jesuita. (Miranda, 2017)

4.4 Jesuitas

La última orden en tocar el territorio mexicano fue la de la Compañía de Jesús, cuyo fundador es San Ignacio de Loyola, quién estableció como símbolo de la orden religiosa el Sol y las siglas JHS, que derivan de: “Jesús Salvador de Hombres”.

La Regla de San Ignacio de Loyola y los ejercicios espirituales norman y guían a la comunidad religiosa en la paz de Dios; bajo la enseñanza de San Agustín que cita “la paz en el mal no es paz, la alegría en el mal no es alegría verdadera”.

Los jesuitas llegan a México en 1572, cuando el territorio ya había tenido la presencia de las órdenes religiosas antecesoras, reutilizando parte de las edificaciones existentes e incorporándolas a conjuntos religiosos destinados al clero y la educación. Como parte del territorio estaba asignado a la orden de los franciscanos, los dominicos, los agustinos y otras órdenes incursionaron en territorios agrestes climáticamente, ocupados por una población renuente a la dominación.

Siguiendo los principios fundamentales de la orden y sus conocimientos, fundan los colegios de indios, así como los colegios para educar a la nueva sociedad criolla y el noviciado novohispano. La orden de San Ignacio pronto fue reconocida como la orden de la enseñanza, vinculando sus monasterios a colegios y universidades en las ciudades principales. Fundaron los colegios en la Ciudad de México, Tepotzotlán, Puebla, Querétaro, Zacatecas e incursionaron en el norte del territorio formando los pueblos misionales o misiones.

Los Jesuitas fueron aceptados por la población indígena y reconocidos como educadores. Su conocimiento fundamentado en la ciencia los llevó a desarrollar obras de infraestructura hidráulica y mecánica como acueductos, aljibes, cajas de agua y molinos de agua que aprovechando la fuerza motriz del agua para el desarrollo de las primeras industrias de procesamiento de granos. Esta actividad aunada a otras, como la hospedería y los donativos de indígenas y criollos, hicieron de esta orden religiosa un poder económico, social, religioso y político; como consecuencia, la Corona Española expulsó del territorio novohispano a la orden de San Francisco Javier en el siglo XVIII.

Durante tres siglos, los religiosos construyeron, habitaron y ampliaron las edificaciones que integraron los conjuntos destinados a la vida conventual, en un principio bajo la premisa de subsistir y vivir con los recursos naturales disponibles y, paulatinamente en el tiempo, buscando los principios de cada una de las órdenes religiosas, reflejadas en la arquitectura. La humildad en la sencillez de formas de la arquitectura franciscana, la majestuosidad para la alabanza y la predicación de los dominicos, la fusión de la belleza en los templos agustinos y el conocimiento a través de las ciencias reflejo de la divinidad de los edificios jesuitas.

Esta arquitectura se diseñó y construyó para hacerla habitable, esto es, que poseían las condiciones térmicas, lumínicas, acústicas, olfativas y del bien sentir de la belleza y de la percepción sensorial de satisfacción con el medio.

Estos espacios destinados al culto y la educación fueron utilizados para distintos usos, modificando el diseño original y adaptándolo a las nuevas necesidades de ocupación.

En México las órdenes religiosas redujeron su actividad al clero y a la educación con las Leyes de Reforma; legando los principales colegios y conventos construidos en los siglos XVI, XVII y XVIII a la cultura, transformándolos en museos.

Actualmente, los museos albergan la historia de la fusión de dos culturas, que aún se mantiene viva en sus edificios. Podemos apreciarlo en muchos elementos: el aprovechamiento de los recursos naturales como la luz y el viento, el uso del sol en su componente térmico, la vegetación como producto de alimentación y de ambientación, las tecnologías ambientales y el equilibrio en el uso de la naturaleza.

5 Conjuntos arquitectónicos para la vida conventual en México

Los conjuntos religiosos por su función eran de tres tipos: de guardianías, vicaria y visita. Los conventos de guardianía se localizaban en las localidades principales y su función era la evangelización de la población indígena, así como la impartición de los servicios religiosos. Las vicarías se conformaban por conventos destinados a la doctrina de los indígenas. Las visitas eran espacios no habitados por los religiosos. Este orden generó una red de conjuntos conventuales extendida en el territorio de la Nueva España.

Las partes principales que componen los conjuntos religiosos están determinadas por las actividades que en ellos se desarrollaron.

1. La esencia y el principio del orden son los espacios religiosos; en ellos se encuentra la Iglesia, la sacristía, las capillas y áreas complementarias de acceso único a los sacerdotes.
2. Los espacios destinados a la educación en donde la biblioteca, los talleres y las aulas se vinculan con los patios que conforman los claustros y en los cuales se extendían las actividades de formación y de recreación. Los espacios destinados a las actividades comunes como el refectorio para compartir los alimentos y la lectura, los baños y los dormitorios, divididos por orden jerárquico, pero localizados en un claustro común.
3. Los espacios destinados a los servicios para la función y habitabilidad de los habitantes, así como la sustentabilidad alimentaria de recursos naturales y energía.

En estas áreas se localizaban las cocinas (de carbón y de humo), las bodegas, la cava para la conservación del vino y el frigorífico para la preservación con baja temperatura de los alimentos.

Los acueductos para conducir el agua, los aljibes, las fuentes, los lavatorios, los baños y lavaderos abastecidos con agua potable proveniente de los manantiales o de la precipitación pluvial local; los sistemas de tratamiento para las aguas servidas y los canales de conducción del agua para abastecer los solares y las edificaciones fuera del conjunto. Estas últimas conducían el agua a sus cauces naturales a través

de zanjas hasta los afluentes naturales, arroyos y ríos. En estas áreas se encuentran la huerta con sus secadores solares y estanques de peces, así como las hortalizas, los molinos, los patios de especies medicinales y la botica; esta última para el cuidado y atención de los enfermos.

La estructura urbana de los conjuntos religiosos en las nacientes ciudades novohispanas ocupaba el centro de la población, el espacio con mayor elevación y mejor punto de vigía. Sobresale del conjunto la Iglesia, siendo el campanario el elemento de mayor altura para optimizar su función acústica y cubrir la mayor extensión sonora y referencia visual a nivel urbano.

La traza urbana de los centros de población se desarrolla a partir del templo, el atrio y la plaza. Es coincidente la traza prehispánica con los barrios antiguos, con la nueva conformación de los espacios habitacionales, con la construcción de las casas de apoyo de sobria discreción y respeto de la jerarquía formal y espacial de la Iglesia.

Hacia su interior se generaron claustros, con patios internos para crear una condición micro-climática, así como sistemas ambientales para la percepción del sonido a través de las aves, agua de las fuentes y las campanas; de la luz natural, de los aromas de las hierbas de olor, flores y árboles frutales; y, sobretodo, para albergar el agua en forma de fuentes, aljibes o jagüeyes. El interior de estos conjuntos arquitectónicos dominaba el horizonte y protegía con altos y masivos muros y contrafuertes a los que ahí habitaban.

El partido arquitectónico de los edificios de vida conventual sigue un patrón constante, no único, en el que la Iglesia se localiza en el eje oriente-poniente; en la orientación este de la nave se localiza el altar principal mientras que el extremo poniente remata con la puerta de acceso a la iglesia. Colindante a la Iglesia se localiza la sacristía y el antecoro. El conjunto de edificios para la vida conventual, está en la mayoría de los ejemplos de arquitectura virreinal, adosado a la iglesia a través de un patio de forma ortogonal. El convento cuenta con un acceso principal, un gran portón de madera rematado por el escudo de la orden religiosa le da identidad. “Durante el Virreinato la heráldica era importante, por ello aparecen los

escudos de las órdenes religiosas. [...] Los franciscanos presentan también el cordón, mientras que los dominicos se significan por medio de los canes [...] y los agustinos usan la correa como emblema” (Artigas, 2010: 376). Los jesuitas el sol y las siglas JHS *Iesus Hominum Salvator* en latín.

La hospedería o mesón albergaba a los monjes viajeros, que venían a través de los caminos antiguos, en este espacio se ofrecía alimento y un espacio para el descanso, así como bebida y alimento para los animales de carga.

De las grandes ciudades a los pueblos de indios, de las zonas templadas a las zonas de condiciones climáticas extremas; en todo el territorio se construyeron edificios religiosos como medio de pacificación a través de la religión y la educación de la población local.

Estos edificios arquitectónicos estuvieron habitados por más de dos siglos por la nueva sociedad novohispana, en ellos se impartieron la educación y las artes, los oficios y las prácticas de lo cotidiano. Hoy son destino de otras actividades humanas, pero siguen siendo el espacio para el desarrollo de las actividades del hombre, espacios que tuvieron en su momento y que tienen una respuesta a las necesidades fisiológicas y espirituales del hombre.

Figura 24. Vestimenta tradicional de la orden franciscana. (franciscanosenmexico.com, 2018)

Arquitectura franciscana

Bajo la Fundación de San Francisco de Asís surgen los preceptos que norman las acciones y actividades de la orden de los franciscanos, basados en tres textos principales del evangelio: *“Si quieres ser perfecto, ve, vende todos tus bienes”* (Mt 19,21). *“No llevéis nada para el camino”* (Lc9,3). *“Quien quiera ser mi discípulo, niéguese a sí mismo, tome su cruz, y sígame”* (Mt 16,24). Principios para seguir una norma de vida pobreza, humildad y castidad.

En la vida religiosa, estos principios de desapego de los bienes materiales tienen la finalidad de revalorizar la espiritualidad; sin embargo, la arquitectura en la Nueva España refleja una suntuosidad y magnificencia tanto espacial como ornamental, así como una aplicación de las estrategias de diseño para la adecuación a las condiciones físicas y climatológicas del lugar.

6.1 La vida franciscana en los conventos

¿Cómo era la vida de los religiosos en los conventos? ¿Cuáles actividades desarrollaban en su día?

Con base en los escritos del Colegio de Guadalupe en Zacatecas, realizados por los religiosos franciscanos, en el colegio las actividades iniciaban a las cinco de la mañana, primeramente, con Dios y para Dios; las oraciones al despertar, desde el dormitorio y la celebración eucarística en la iglesia principal. Una vez terminadas las actividades religiosas, aproximadamente después de las siete de la mañana, tomaban sus alimentos y escuchaban la lectura en el refectorio; la necesidad de alimentarse se combinaba con la religión, la educación y la cultura.

Los alumnos asistían a clase entre las ocho y la diez de la mañana, mientras que los hermanos frailes realizaban las actividades domésticas y los sacerdotes se dedicaban al estudio, al cuidado de los enfermos y a las actividades propias de evangelización.

Sobre las dos de la tarde oraban y, posteriormente, en promedio a las tres de la tarde, tomaban sus alimentos, nuevamente con lecturas. Estas actividades se realizaban en el Refectorio.

A las ocho de la noche terminaba la jornada para descansar, ya que, a partir de la media noche (y hasta las dos de la mañana), iniciaban los rezos y oraciones antes de ir a las habitaciones para dormir y descansar tres horas, antes de reiniciar una nueva jornada.

Estas actividades cotidianas se sumaban a las de educar en los oficios a través de talleres, a compartir la educación en las ciencias y las artes con la población indígena y a formar a los seguidores de la fe a través de seminarios. Estas actividades fortalecieron a la orden de los franciscanos pues nuevos miembros se sumaron a ella y fueron más aceptados por la población indígena.

En la *Historia eclesiástica indiana* de Fr. Mendieta se describen las características principales de los conventos, destacando entre ellas la sencillez y la humildad de la orden. El autor menciona que el claustro destinado al dormitorio no debía tener más de seis celdas, cada una de ocho pies de ancho y nueve de largo, con un pasillo de cinco pies de ancho. Sin embargo, muchos de los espacios para la vida conventual fueron aumentando sus dimensiones por distintas razones más allá de las necesidades derivadas de las actividades cotidianas, tales como con los nuevos requerimientos para llevar a cabo la educación y la creciente evangelización de la comunidad; con ello, se formaron conjuntos de gran dimensión en los centros de mayor población indígena.

6.2 Querétaro

A una distancia en línea recta de 188 kilómetros de la Gran Tenochtitlán se encuentra Santiago de Querétaro, capital del estado de Querétaro.

Los españoles siguieron la ruta marcada por las culturas indígenas, construyendo puentes para el paso de carretas y consolidando una movilidad cultural que facilitó el intercambio de ideas y creencias, de personas y de mercancías, principalmente del valioso metal que le dio nombre como *Camino de la Plata*. Este sendero histórico nacional fue reconocido como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 2010, mención que recibió por fungir como un elemento histórico de comunicación con el estado de Querétaro, a través del cual llegaron los franciscanos.

6.2.1 Los primeros pobladores de la región

El territorio de Querétaro fue ocupado en un principio por grupos nómadas cuya presencia data de 10 mil años atrás. De este periodo son los recintos rocosos ocupados por los primeros pobladores, en los que se han encontrado cuerpos en posición fetal, altares y objetos, todos ellos en espacios naturales con modificaciones intencionales en la roca, como adaptación para la habitabilidad.

Las referencias indígenas citan a las cuevas localizadas en elevaciones vinculadas con el vientre materno de la madre, que es la montaña; las cuevas de Mesa de León y las cuevas de Peña de Bernal son ejemplos en donde la presencia de altares hace referencia a la veneración a la fertilidad.

6.2.2 Antecedentes prehispánicos

Según el Códice Mendocino, el actual estado de Querétaro era denominado como *Tlachco* en purépecha o *Nada Maxei* en lengua otomí, ambas denominaciones *bajo el mismo significado: Lugar entre peñas*.

El sitio fue llamado por estos pobladores como *Lugar de Peñas Grandes*, con la presencia de elevaciones como la Sierra Gorda de Querétaro y Peña de Bernal, elementos de valor simbólico para las culturas indígenas por la veneración de la fertilidad; en estas montañas se genera la vida, ya que poseen los contenedores de agua y son la representación de los Dioses.

“En la Sierra de Querétaro en la que se localizan los grupos indígenas con cultura y sociedad afín a las poblaciones del Golfo de México, en una región rica en minerales y piedras hermosas, valoradas desde la época prehispánica.

A la llegada de los españoles al territorio, en la serranía, se encontraba un grupo indígena denominado los Jonaces los cuales estaban dedicados a la recolección y la caza.”. (Jiménez y Velasco, 1997)

El territorio queretano lo poblaron las culturas otomí, purépecha y chichimeca, esta última solo temporalmente; dejando su presencia en las zonas arqueológicas de Toluquilla, Las Ranas y El Cerrito.

Una fusión entre la cultura prehispánica y la católica se dio en los oratorios, en los cuales se construyeron capillas que hoy en día prevalecen con una dualidad religiosa.

Figura 25. Zona Arqueológica de Toluquilla. (viamexico.mx, 2020)

Figura 26. Zona Arqueológica Las Ranas. (zonaturistica.com, S.D.)

Figura 27. Zona Arqueológica El Cerrito. (tripadvisor.com, 2020)

6.2.3 Querétaro de Santiago en la época Virreinal

En el siglo XVI llegan los españoles a Querétaro y se suman a la población local, creando las primeras ciudades bajo el Camino de la Plata cruzando el territorio y construyendo a su paso la ciudad colonial de Santiago de Querétaro, en honor al apóstol del mismo nombre.

El resultado de esta fusión cultural crea nuevas expresiones estilísticas, como son las *Capillas Otomíes*, también denominadas *Capillas de indios*, características de la arquitectura del desierto Queretano. Estas fueron construidas sobre los oratorios prehispánicos.

“Hay informes de que los naturales usan todavía sus vitos gentílicos y de noche van a sus adoratorios y templos; que haga derrocar y quitar todos los cues y templos de ídolos y adoratorios de ellos con aquella prudencia que convenga de manera que de derribarlos no resulta escándalo entre los naturales y de la piedra de ellos se torne para hacer iglesias y monasterios [...] y procuren que se busquen los ídolos y que se quemen” (Real Cédula al Virrey de la Nueva España, 1538).

Figura 28. Capilla de Indios en Tolimán. (depaseo.com, 2020)

Figura 29. Interior de la Capilla de los Luna en Tolimán. (colonialmexico.blogspot.com, 2015)

Por su ubicación geográfica al centro de la capital española, el Reino de la Nueva España incluía a Querétaro, lugar estratégico de paso hacia el norte, parte de la riqueza del bajío, localidad próspera para la ganadería, el comercio y con una arraigada espiritualidad. Querétaro se transformó en una ciudad para la nobleza, con grandes palacios, plazas, comercio, acueductos, puentes, iglesias y conventos.

6.2.4 Los franciscanos en Querétaro

La congregación de los franciscanos operó bajo *La Sacra Congregación de Propaganda FIDE*, la cual fue fundada para la Difusión de la Fe cristiana.

Su finalidad era la evangelización de los pueblos nativos; cuyos preceptos religiosos se definen como: “el conjunto de los Dicasterios y organismos que ayudan al Romano Pontífice en el ejercicio de su supremo oficio pastoral para el bien y el servicio de la iglesia universal y de las iglesias particulares, ejercicio con el que se refuerzan la unidad de fe y de comunión del Pueblo de Dios y se promueve la misión propia de la iglesia en el mundo”. (Juan Pablo II, artículo I de la Constitución Apostólica Pastor Bonus).

Con el objetivo de la evangelizar a los habitantes de las nuevas tierras novohispanas en México, los franciscanos son la primera orden religiosa que llega a la Nueva España para normar la vida de la población indígena con base en la religión cristiana.

Los misioneros franciscanos, se asientan en el centro del territorio, particularmente llegan a Querétaro para el proceso de evangelización, en una zona en conflicto entre la población local, en parte por la condición de sequedad en la Sierra Gorda.

La orden mendicante de los franciscanos, máxima autoridad religiosa en la Nueva España, llega al *Lugar entre Peñas* en 1531 (Loarca) y se establecen en la pequeña comunidad local, denominada por los españoles como *Pueblo de Indios*, en la que se fundó el Colegio Apostólico de misiones, denominado el Colegio de la Santa Cruz.

En Santiago de Querétaro, al igual que otras localidades, el primer edificio religioso que se erigió fue una ermita o santuario que se caracteriza por ser un espacio único con una sola puerta de acceso, frontal al altar principal. Esta ermita o capilla estaba destinada a la oración y el culto con eventualidad. Otra característica de emplazamiento es la localización en áreas despobladas; pero al mismo tiempo accesible por un Camino Real o una vereda principal.

Se sabe que la ermita en Querétaro se conservó hasta el año 1650 (Amigos del Museo Regional de Querétaro, S.D.), fecha en la que se construyen la iglesia y el monasterio franciscano colocando al centro el conjunto monástico San Francisco, colindante con el *Camino Real*.

El convento inició con el claustro, la iglesia y la huerta. Posteriormente se realizaron las ampliaciones de acuerdo a la demanda de actividades a realizar.

En un principio fue un lugar de retiro; posteriormente operó como colegio a cargo de la orden franciscana de propaganda FIDE y más tarde con las Leyes de Reforma y la transferencia de los bienes del clero al gobierno, se desarrollaron en el conjunto conventual actividades militares y de encierro.

El Colegio Santa Cruz de Propaganda FIDE desarrolló un importante papel en la educación de la nueva sociedad, originalmente asentada sobre una plaza prehispánica. Al edificar el colegio, se construyen el atrio y la iglesia en el nuevo centro de la población a partir del cual se desarrollan las calles de manera reticular mientras que otras se desarrollan por la topografía del lugar, bajo el criterio de las Ordenanzas.

Figura 30. Vista aérea del convento e iglesia de San Francisco de Querétaro. (Google Maps)

6.3 El convento de San Francisco de Querétaro

Del primer convento que se edificó en Querétaro quedan solo algunos elementos reutilizados en la construcción del actual convento de San Francisco. La pérdida de algunos de sus edificios y espacios exteriores, limita la posibilidad de documentar el comportamiento del conjunto y de algunos de las tecnologías ambientales, que seguramente ocuparon el espacio de la huerta.

Figura 31. Etapas de crecimiento y disminución de los espacios del Convento Franciscano en Querétaro. (Museo Regional de Querétaro)

Se cree que el recinto franciscano era de una sola nave, con una cubierta de bóveda; tenía una viguería de madera y piezas de barro, un terrado y el acabado del piso de la azotea. La portada debió ser austera, como lo indicarían los principios de la orden. Los materiales característicos de la época era la cal y canto y el adobe; igualmente se utilizaban los muros bruñidos y ornamentados con frescos de grisalla, pintura monocroma. El religioso Fray Alonso Ponce, en el *Tratado curioso y docto de las grandezas de la Nueva España* (Antonio de Ciudad Real, S.D.: 74) escribió: “El convento de Querétaro, cuya vocación es de Santiago, está acabado, con su iglesia, claustro, dormitorios y huerta, tiene buen edificio de cal y canto. [...]”.

Con el paso del tiempo en primer convento franciscano fue modificado y ampliado para cubrir las necesidades religiosas, administrativas y comerciales; espacios para la educación y la enfermería, así como los espacios destinados para los sacerdotes y el noviciado.

Los religiosos franciscanos dedicados a la oración y bajo las promesas del sacrificio y la austeridad caracterizan a la orden: se dedicaron al trabajo y la educación de la población queretana, ganando con sus acciones la donación y limosnas de los indios, criollos y españoles para la construcción del Convento Grande de San Francisco.

El Convento se convirtió en el Centro de la Ciudad Novohispana y llegó a ser tan importante para el desarrollo de la población que a partir de él la ciudad creció no solo urbanísticamente sino también en una diversidad de actividades.

A lo largo del siglo XVII el convento experimentó una intensa actividad constructiva; más que un convento, se convirtió en un conjunto religioso. Alcanzó una superficie total de aproximadamente 28,000 m², que lo transformó en una micro ciudad autosustentable y con actividades, hasta 1803, de formación de novicios y enseñanza de lectura y escritura a los niños con posibilidades económicas limitadas.

“[...] Una variedad de frutas, provenientes de España se cosechaban en la huerta del convento: higos, granadas, uvas, duraznos, membrillos, limas, limones, naranjas, cidras, manzanas y peras. En las tierras de riego se sembraban plantas mesoamericanas: maíz, frijol, calabaza, chile, tomate, jitomate, chía y el europeo trigo. Además, el clima benigno propició que los pies de cría, tanto de ganado mayor y menor como de aves menores, como la gallina, se reprodujeran con mucha facilidad.” (Guerrero, 2007)

6.3.1 Espacialidad Urbana

El territorio de Querétaro se divide en dos unidades ambientales: la zona de la Sierra Queretana y la de los Valles; esta distinción se realiza en base a sus características físicas (topografía, hidrología, vegetación) y por la condición climatológica. Santiago de Querétaro se localiza en los valles, lo cual permitió que la traza urbana se expandiera horizontalmente.

Los caciques indígenas realizaron el primer trazo, considerando el curso de los cuerpos de agua, provenientes de los manantiales y el trazo a partir de los cuatro puntos cardinales. Posteriormente es Juan Sánchez de Alanís (XVI) quien corrige el trazo para crear una retícula en forma de damero, que conforme se aleja del centro va perdiendo su trazo ortogonal.

El territorio fue dividido nuevamente por su topografía; la loma para los indígenas y la zona plana para los españoles. En ésta se trazó la plaza y se construyeron la Iglesia y el recinto para los franciscanos.

Esta expansión fue posible gracias a la construcción de un sistema hidráulico, el Acueducto de Querétaro, y a sus fuentes públicas como sistema de abastecimiento de agua.

La retícula ortogonal, las cuadras rectangulares, plaza, plazuelas, templos y casonas construyeron la espacialidad urbana del sitio histórico, mismo que ha sido transformado, perdiendo edificios históricos a partir de las Leyes de Reforma y con el ensanchamiento de los caminos vehiculares.

El conjunto religioso de los franciscanos también sufrió ampliaciones, mutilaciones y daños que lo deterioraron y transformaron la arquitectura original en lo que hoy queda del conjunto que actualmente alberga al Museo Regional de Querétaro.

Figura 32. Fotografía de la Iglesia y conjunto religioso franciscano en Santiago de Querétaro. (David Ambriz)

6.3.2 Funcionalidad Arquitectónica

La iglesia ha mantenido las actividades religiosas a lo largo del tiempo; el convento, por el contrario, ha ido adaptando y modificando sus espacios. Originalmente fue diseñado para la enseñanza y para albergar a los franciscanos y a los novicios. Durante la Independencia de México fue ocupado como cárcel.

Sin la protección de los religiosos, ni la del estado, el conjunto fue fragmentado y destruido parcialmente. El conjunto que hoy conocemos forma el Museo Regional de Querétaro, adaptando sus espacios habitables en salas de exposición y preservando la belleza de los edificios.

Desde el punto de vista bioclimático, el recinto aplica la estrategia de control micro climático con el patio rodeado por edificios elevados en dos niveles y con un sistema de humidificación a través de fuentes, tanto en el Patio Principal como en el Patio de los Naranjos. La masividad está presente, como en muchos edificios históricos, como un sistema constructivo local que funciona correctamente en un clima seco como el de Querétaro para estabilizar las temperaturas al interior de los locales por efecto de retardo térmico y oscilación al interior de los espacios.

finalmente, la restauración de los edificios, transformaron el conjunto religioso en el uso actual el Museo Regional de Querétaro.

El templo se sitúa en el extremo norponiente del predio, adosado a la sacristía y dos pequeños patios (el principal y el de los naranjos) que iluminan los espacios contiguos. Una fachada franca deja ver las antiguas ventanas y la arcada en planta baja.

Se distinguen dos claustros principales y dos patios de servicio adosados a las cocinas y áreas de servicio, así como dos patios más, incorporados a la sacristía. El claustro principal se localiza en colindancia con el templo y la torre, buscando la cercanía de los dormitorios con los espacios destinados a la espiritualidad; el segundo corresponde al patio de los naranjos y colinda con dos patios de menor dimensión que corresponden a los servicios.

6.3.4 Proporción

La proporción del Claustro Principal es de mayor ligereza por la presencia de las columnas en los corredores.

En el segundo claustro denominado de los naranjos, los muros se encuentran cerrados, dominando la masividad. Una fuente octogonal corona al centro, así como áreas verdes con árboles de naranjos que aromatizan y humidifican junto con la fuente el espacio.

El claustro de los Novicios colinda con el límite del predio, conformado por tres edificaciones y un muro en orientación noreste.

Los edificios de servicio se unen a través de un patio de menor dimensión.

Los patios de las áreas de apoyo a la sacristía tienen dos patios: uno de menor dimensión en proporción (1:1.20), dividido del siguiente patio por una arcada en el lado SE (sureste), que mantiene una proporción de 1:1.25 colindante con un muro ciego hacia el callejón posterior al predio actual.

6.3.5 Materiales

Figura 34. Techo exterior en la planta alta del claustro principal. (Gloria Castorena)

Figura 35. Techo interior en la planta alta del claustro del Patio de los Naranjos (Gloria Castorena)

Figura 36. Techo del corredor en la planta alta del claustro principal. (Mediateca INAH Museo Nacional de Querétaro)

Figura 37. Techo del pasillo, planta alta del Patio de los Naranjos. (Mediateca INAH Museo Nacional de Querétaro)

6.3.5.1 Cubiertas

La planta baja del claustro principal estructura su cubierta con bóvedas de pañuelo, mientras que en planta alta los techos cierran con bóvedas de planta circular.

En el claustro del patio de los naranjos, en el interior de los locales, los techos son de bóveda catalana tanto en planta baja como en planta alta; la cubierta está soportada por una viguería de madera, en donde se apoyan piezas de barro que reciben la tierra compactada y rematan con un firme de cal arena, con un impermeabilizante natural como acabado final.

Figura tal 38. Acabados en muros, planta alta del claustro de los Naranjos. (Gloria Castorena)

Figura tal 39. Acabado en muros, alta del claustro principal. (Gloria Castorena)

6.3.5.2 Muros

Como se ha mencionado anteriormente los muros son de cal y canto en su basamento y adobe, con un aplanado de cal y arena y un terminado final bruñado y frescos de grisalla (Museo Nacional de Querétaro, S.D.) En algunos muros se identifican pinturas monocromáticas.

La fotografía del piso de planta alta del Claustro de los Naranjos muestra el piso original y la intervención en la remodelación del edificio. Otros pisos han sido suplidos por losetas de barro, dada la función de edificio y la necesidad de tener materiales resistentes al tránsito.

En una de las salas del Claustro de los Naranjos, en planta alta, se tienen pisos de madera.

Figura 40. Fotografía del piso de planta alta del Claustro de los Naranjos. (Mediateca INAH Museo Nacional de Querétaro)

Figura 41. Fotografía del piso de cantera del patio principal. (Gloria Castorena)

6.3.5.3 Pisos

Los pisos interiores son de barro, tanto en la planta alta como en la planta baja. Al exterior, en las circulaciones y andadores el material utilizado es cantera. En planta alta, en la Sala de Profundis, se han colocado pisos de madera; sin embargo, dominan los pisos de barro cocido al interior y de cantera para los exteriores.

Los pisos de barro tienen una conductividad térmica desde 0.36 hasta 1.21 W/°C (ASHRAE), en promedio de 80 a 87 W/m °C; al estar expuestos a la radiación directa del sol, almacenan el calor y lo intercambian con el ambiente, conservando tibio el ambiente.

Los pisos de cantera, puestos en exteriores, tienen una conductividad térmica de 3.50 W/°C (ASHRAE, piedra compacta); al estar expuestos a la radiación solar, el periodo de tiempo en calentarse y enfriarse es mayor que el del barro. Si a ello le sumamos la humedad de la fuente y la vegetación, el intercambio de energía por convección produce un ambiente fresco al exterior.

Figura 42. Fachada interior del claustro principal. (Gloria Castorena)

Figura 43. Cantera en la fachada y remate de la torre. (Gloria Castorena)

6.3.5.4 Columnas

Las columnas son de cantera, con variantes en formas, texturas y ornamentación; principalmente en los capiteles, en las molduras y el estriado de los fustes. Las columnas presentan una función importante en el clima seco, al funcionar como sistema estructural de los dispositivos de control solar como son los andadores abierto, pasillo o corredores; aportando transparencia a los espacios para la ventilación y el paisaje.

En planta alta, los pasillos presentan una reja baja de herrería para continuar con la estética de la planta alta y replicar la función.

Figura 44. Fotografía de acabados interiores en muros planta alta. (Gloria Castorena)

Figura 45. Fotografía de acabados en muros en planta baja. (Gloria Castorena)

6.5.5.5 Acabados

Los acabados de las columnas, molduras, y marcos de las puertas y ventanas son de cantera proveniente del sitio.

En los muros los aplanados son de arena cernida y cal apagada, y tienen un terminado de aplanado fino bruñido con pintura a la cal y ornamentación monocromática.

La cal permite la respiración de los muros y las cubiertas abovedadas, por lo que este material ha sido utilizado desde la época prehispánica en México y durante el Virreinato, en las edificaciones y pinturas al fresco de los edificios religiosos.

Figura 46. Fotografía de humedad en cubierta
Sala permanente de Querétaro en la Historia Mexicana
Autoría: Gloria Castorena

Figura 47. Fotografía de humedad en muros
Espacios complementario de la Parroquia
Autoría: Gloria Castorena

Las alteraciones y modificaciones que los edificios históricos han tenido en el tiempo generan problemas de humedad al alterar la piel natural de las edificaciones, por lo que el uso de materiales locales, aptos a las condiciones climáticas del lugar y sistemas constructivos locales, permite la óptima restauración de las edificaciones.

En el caso del convento franciscano, a pesar de estar en un clima seco, se detectaron problemas humedad por contacto tanto en los muros como en las cubiertas, o de capilaridad ascendente en espacios complementarios de la Parroquia, en colindancia con el Museo Regional de Querétaro.

Figura 48. Fotografía de puerta en la planta alta del claustro principal. (Gloria Castorena)

Figura 49. Fotografía de puerta interior en la planta alta del claustro del Patio de los Naranjos. (Gloria Castorena)

6.3.5.6 Puertas y ventanas

Las puertas y ventanas son de madera, con forma rectangular, con oscuros de madera, de dos hojas, segmentados en cinco partes cada una de ellas. Estos dispositivos permiten el control de la iluminación en fracciones de cuartos, sextos u octavos de luz o de ventilación. El manejo controlado de los requerimientos de iluminación, incidencia solar y ventilación permiten establecer en forma individual el requerimiento de vincularse con el exterior o la protección a las condiciones de incomodidad exterior, considerando el amplio rango de bienestar térmico que puede tener el usuario por arropamiento, actividad metabólica, edad, complexión corporal, o por el estado de salud o de ánimo.

En conclusión, la oportunidad de regular el ambiente a través de prototipos de diseño en la arquitectura permite precisión personal del confort.

6.4 Tecnologías para la sustentabilidad

Toda edificación anterior al siglo XIX obligadamente respondía a una eficiencia energética en la iluminación, climatización, ventilación y funcionamiento de los sistemas de refrigeración.

El agua subía de nivel a través de cajas de distribución, aplicando el principio físico de vasos comunicantes, la molienda era a través de la fuerza hidráulica en la que el peso de una columna de agua era utilizado para rodar las piedras de los molinos (potencial de fuerza de trabajo equivalente a la presión del agua por la gravedad en la tierra). Sin embargo, el ex convento de San Francisco no contaba con molinos, porque no tenían el recurso constante, ni el caudal que permitiera ocupar en la molienda la fuerza motriz del agua.

En el ex convento de San Francisco utilizaron la energía del sol, del viento para la climatización de los edificios arquitectónicos, con tecnologías como las ventanas de tres capas. Una transparente y otra de madera forman el sistema para controlar las pérdidas de energía durante las horas nocturnas. Además de climatizar los espacios, también se controlaba la iluminación y la ventilación del interior de los espacios habitables.

Es probable que haya existido una cava y una cámara fría sin embargo no se encontró documentado el sistema y el patio de las cocinas es el área destinada a la seguridad y vigilancia del hoy Museo Regional de Querétaro, razón por la cual claustro de las cocinas tiene el acceso prohibido al público.

En un clima seco como el de Querétaro el agua es escasa y lo fue en la época del virreinato, por ello la construcción del acueducto para dotar a todos los conventos y a las fuentes de las principales localidades de agua proveniente de las cañadas.

El conjunto cuenta con un sistema para la captación, almacenamiento y utilización del agua de lluvia, como sistema de abastecimiento.

6.4 Climatización pasiva

En un clima seco como el que se presenta en Santiago de Querétaro, con una amplitud en las oscilaciones térmicas, la estrategia básica de diseño es la masividad con aportes indirectos en las horas de la tarde y el calentamiento solar pasivo con aportes directos durante la mañana.

Las puertas ventanas están seccionadas en partes proporcionales, para controlar la cantidad de radiación (térmica y lumínica) permitida hacia el interior.

Los patios aportan viento, sol y agua para la operación de la arquitectura, con cuatro formas y proporciones distintas.

Figura 50. Imagen de los patios y edificios contiguos, forma orientación y proporción. (Gloria Castorena)

El Claustro principal se compone de un patio con forma cuadrada rodeado perimetralmente por un corredor en planta baja. El mismo esquema se repite en planta alta. Una fuente al centro del patio enmarca el espacio, el cual es humidificado en forma natural. Los espacios habitables se ubican hacia el SE y suroeste; solo incide el sol en verano a través del patio, sin embargo, el corredor perimetral funciona como sistema de control solar en ambas plantas.

El Claustro de los Naranjos se desarrolla con un patio casi cuadrado que tiene tres muros masivos que, a través del patio, tienen una orientación NE, SE y SO, con una superficie de vanos inferior al 10% de la superficie de fachada, lo que permite almacenar a través de los muros las ganancias indirectas para utilizar la energía calorífica al interior de los locales. La cuarta fachada recibe el sol proveniente del noreste, con una circulación exterior en planta alta que permite a los usuarios recibir el sol de la mañana; la dimensión de piso a techo en planta alta permite, a su vez, la incidencia indirecta sobre el muro.

Figura 51. Fotografía del Patio Principal. (Museo Nacional de Querétaro)

Figura 52. Fotografía del Patio Principal. (Mediateca INAH)

El claustro de los Novicios y de Servicio tiene patios con forma rectangular, pero con diferente orientación. El Patio de los Novicios se desarrolla en orientación NE-SW en su eje largo y recibe el sol de la mañana en los muros ciegos, mientras que el sol de la tarde no accede a los espacios habitables gracias a un corredor con arcos que protege los muros. La sección corta del patio recibe unas horas de sol antes y después del cenit porque son los propios edificios los que generan el sombreado, limitando entre sí los aportes térmicos por radiación. El Patio de Servicio es el de menor dimensión de los cuatro patios.

Se realizaron mediciones de temperatura a través de un termómetro infrarrojo para registrar las temperaturas de superficie, sin contacto (por ser un inmueble de valor histórico). Se siguieron las recomendaciones de los manuales, considerando las interferencias ambientales que pueden afectar las lecturas como son entre el polvo en la superficie, la humedad ambiente, polen y humos; se consideró el tiempo de estabilización del equipo, así como la distancia mínima entre el objeto y el termómetro.

Iglesia		
Abajo del Coro	13:50	23.0
Muro norte		23.0
Muro sur		24.1
Techo		25.3
Altar		25.5
Nave principal	14:00	
Muro		24.0
Techo		25.0
Muro norte		24.6
Crucero	14:10	24.0
Muro sur		24.5
Bóveda		26.6
Altar		24.6

Figura 53. Tabla de Temperatura radiante (primavera) en la Iglesia de San Francisco de Asís. (Gloria Castorena)

Figura 54. Fotografía aérea. (Google Maps)

En la iglesia, la diferencia de temperatura de superficie entre los muros varía en 1.5 °C entre el muro norte y el muro sur. Los muros con respecto al techo presentan una diferencia de 1.2 °C, siendo la cubierta de mayor magnitud.

La cubierta del crucero es una bóveda que, por su forma esférica, debería tener una menor ganancia térmica que la cubierta de cañón corrido de la nave principal, sin embargo, tiene un acabado rojo oscuro, lo que incrementa en 1.5 °C la temperatura, con respecto a las otras cubiertas.

Temperaturas de los pavimentos exteriores. En el exterior de la Iglesia se tomaron lecturas de temperatura de superficie de tres materiales distintos en el pavimento.

La primera lectura es de una placa de metal con un valor de 42°C, la segunda corresponde al adoquín con una temperatura de 69.5 °C y la tercera, en un piso de cantera, cuenta con un valor de 65°C.

De estos materiales, la piedra es utilizada en el conjunto religioso expuesta en los patios y circulaciones exteriores. Los valores de temperatura del aire, provenientes de los datos climatológicos normalizados registran en el mes de mayo una temperatura máxima a las 14 horas de 27.7 °C, en correspondencia a la toma de temperatura radiante de superficie.

Tabla de temperatura radiante en primavera en el Convento Franciscano

Figura 55. Tabla de temperaturas radiantes al interior del Museo Regional de Querétaro. (Gloria Castorena)

Los registros se realizaron a partir de las 12 horas inician las temperaturas elevadas que indican un sobrecalentamiento en la localidad. La zona de confort térmico horario es de 21.3 a 26.3 °C.

El análisis muestra que la temperatura radiante de los materiales al exterior está en el rango de la temperatura ambiente en sobrecalentamiento

Por lo tanto, son los materiales un aporte de intercambio por radiación hacia los espacios exteriores, principalmente los materiales de los pavimentos en plazas y andadores alcanzando a las 14:20 horas, con una temperatura de 65°C al sol.

Tabla de temperatura radiante en pisos

Lugar-material	hora	temperatura °C	fecha: 19 mayo 2018
Piso al exterior	14:20		
placa de metal		42.0	
adoquín		69.5	
piedra		65.0

Figura 56. Fotografía de banqueta exterior a la Iglesia y acceso al Museo Regional de Querétaro. (Gloria Castorena)

6.4.2 Agua

El agua de lluvia se captaba a través de la cubierta; al bajar por las gárgolas, caía hacia el patio y por canaletas laterales se conducía el valorado líquido hacia los aljibes. De este sistema se observan en el sitio las gárgolas y las canaletas perimetrales en el Patio principal.

En el patio de los naranjos, debajo de la fuente, se localiza uno de los aljibes. En las fachadas aún se observan las gárgolas, sin embargo, como parte del conjunto perdió los espacios anexos como la huerta, no se puede recrear en su totalidad el sistema.

El agua proveniente del manantial denominado Ojo del Tejocote por ser el árbol de donde nace, fue conducido a través del acueducto alimentó al ex convento franciscanos, dotando de agua limpia la fuente de la plaza principal y la fuente del conjunto religioso.

Figuras 57, 58 y 59. Fotografías de ventanas y sección de iluminación natural. (INAH Hemeroteca Museo Regional de Querétaro)

6.4.3 Iluminación natural

El clima templado seco del sitio obliga a utilizar medidas de control solar directo. Al mismo tiempo, los espacios interiores deben ofrecer a los usuarios óptimas condiciones lumínicas.

La primera fotografía (figura. 57) muestra una puerta ventana localizada en planta baja, en la salida de las caballerizas hacia el patio de los naranjos; con doble funcionalidad de acceso y ventana, se recibe adosada a un muro, sin perder la oportunidad de abrir hacia el techo la sección de iluminación natural.

Las figuras 58. y 59. (segunda y tercera fotografía) ejemplifican el aprovechamiento e incremento de la luz natural al interior de los espacios a través del abocardado del paño interior de los muros, con la intención de incrementar la sección de luz a través de la reflexión de la luz. Los aplanados bruñidos y con agregados como la clara de huevo dan a las superficies de los muros encalados en colores claros (pintura a la cal) un acabado brillante de pantalla de luz.

La cercanía de las ventanas a la luminancia de la bóveda celeste es para aprovechar los óptimos niveles de iluminación para la lectura; como se muestra en las fotografías, esto se lograba ensanchando la sección de la ventana al doble de la sección del vano para incrementar en un 100% la luminancia.

El espacio abocardado es aprovechado en el diseño de mobiliario hecho en obra, permanente y duradero para tomar asiento y guardar bajo el asiento los libros.

Figura 60. Fotografía de ventanas y pechinas en bóveda como sistema de iluminación natural en el Refectorio. (INAH Hemeroteca Museo Regional de Querétaro)

El refectorio, en donde los franciscanos tomaban sus alimentos, ha sido transformado (para las actividades del museo) en un auditorio. Las puertas ventanas funcionan como sistema de acceso desde el patio de los naranjos. La iluminación se implementa utilizando los sistemas antes descritos que se utilizaban para ampliar la sección de los muros, aunado al tratamiento de las bóvedas, con la formación de pechinas que funcionan como pantallas para reflejar la luz del exterior, con el fin de conducirla a una tercera parte del claro de la bóveda.

El espacio de las cocinas, que colinda con el refectorio, aún conserva un bracero como recordatorio de la preparación de alimentos, y uno puede imaginar los humos y los olores que estos espacios generaban. Para la preservación de alimentos, había cocinas de humo y para la cocción de los alimentos se utilizaban cocinas de leña. El proceso de combustión con leña, a su favor, es el regreso del CO₂, que tomaron las especies vegetales de la atmósfera, reincorporándolo al ciclo natural; mientras que el gas se toma de los minerales, sin que se reincorpore nuevamente a ellos.

En conclusión, el conjunto franciscano es un edificio que cubre los ejes de la sustentabilidad, pues eficiente energéticamente y cuenta con climatización pasiva, iluminación natural, ventilación, renovación del aire al interior de los locales y

aromatización natural, así como humidificación con cuerpos de agua y vegetación. Igualmente recolecta y hace uso del agua pluvial, la cual pasa por un proceso de tratamiento y reincorporación al suelo a través de la huerta; ahí mismo, se generaba la producción de alimentos, la preservación a través de los sistemas de conserva y el ahumado de productos, así como la medición del tiempo a través del reloj de sol y el uso de materiales naturales de sencilla incorporación al medio.

Figura 61. Vestimenta tradicional de la orden dominica. (dominicos.org, 2017)

7 Arquitectura Dominicana

La orden religiosa nace en el siglo XIII con el precepto de la humildad y pobreza de Fray Domingo de Guzmán, por lo que se fundamenta en una vida austera, purificadora del corazón del predicador, para conocer la verdad.

La orden dominicana es una orden de diálogo y corresponsabilidad, democrática e incluyente, que se basa en cuatro pilares de la espiritual de los frailes dominicos: la oración libre (no siguen una metodología, sin embargo, Santo Domingo tenía “Nueve modos de orar”), la comunidad, el estudio y la predicación.

La condición de *Orden Mendicante* se fundamenta en el estudio para predicar y en la reflexión para educar en la ciencia de la Sagrada Teología principalmente.

La vida en comunidad se desarrolla en lo cotidiano y en la predicación al interior y exterior de los conventos.

Los dominicos llegan a la Nueva España en 1526 al puerto de San Juan de Ulúa, siendo doce personas; solo tres llegan a la Ciudad de México, en donde instituyen el primer centro de estudios en el convento de Santo Domingo de la Ciudad de México, seguido del Colegio de Santo Domingo tanto en Oaxaca como en Puebla;

7.1 La vida conventual de los dominicos

Una parte de la existencia de los frailes dominicos se desarrolla en la vida conventual.

La oración, el estudio y las actividades de fraternidad se realizan al interior de los espacios arquitectónicos; sin embargo, la vida itinerante es parte de la predicación, llevando sus actividades a distintos lugares, a otras comunidades, como parte de su filosofía y enseñanza.

La vida en el convento conlleva a orar. En su celda encuentran la soledad y en las comidas, la recreación, los alimentos y la oración coral, las actividades comunitarias.

7.2 La vida de los dominicos en los colegios

El día iniciaba con un toque de campanas a las 4 de la mañana, con 15 minutos para aseo personal. La oración en comunidad y el rosario se realizaban en el Coro. Una vez realizadas las actividades espirituales, se contaba con una hora para preparar las actividades personales.

A las 6 de la mañana se tomaba el desayuno con la comunidad religiosa en el refectorio. Iniciando las actividades docentes de las 7 a las 9 de la mañana, para suspender las actividades y asistir a la celebración eucarística de las 9 a las 10 horas. Posteriormente, las clases continuaban hasta las 12 horas, cuando se servía el almuerzo en el refectorio y más tarde, disponer de una hora de descanso en las celdas. El nuevo llamado era a las 14 horas en la Capilla para realizar en forma coral la oración en comunidad antes de iniciar nuevamente las actividades de estudio de las 15 a las 17 horas. Una vez concluida la jornada de enseñanza y aprendizaje, se llevaban a cabo los rezos en el refectorio a las 18 horas. Para finalizar el día, se organizaba una cena en comunidad y, posteriormente, todos se retiraban a sus celdas a preparar sus clases y descansar en espera del nuevo día. (Soto, 2017)

7.3 Oaxaca

La localidad de Oaxaca colinda con el océano Pacífico al Oeste, la zona montañosa del nudo mixteco y los valles centrales.

Como en todo el territorio mexicano, existieron en un inicio grupos nómadas que se asentaron en refugios naturales con accesibilidad a fuentes de agua.

En la zona montañosa del Valle de *Tlacoluca* se encuentran las Cuevas de *Yagui* con pinturas rupestres que muestran la presencia del hombre en la zona en su transición de cazador recolector a agricultor incipiente. Cerca de ellas, se han encontrado semillas que datan de más de 10 mil años. Estos primeros pobladores dieron origen a sociedades complejas.

7.3.1 Antecedentes Prehispánicos

Los pobladores zapotecos se asentaron en Oaxaca, siendo la ciudad de mayor jerarquía Monte Albán (“Monte que se abre-insecto”). Tras la decadencia de esta ciudad, apareció en los códices la cultura Mixteca. Estos pobladores lucharon por no perder su identidad cultural, preservando sus tradiciones, rituales y costumbres ante la conquista. Fray Esteban Arroyo O.P. los describe de la siguiente manera: “Los Zapotecos tenían mucho conocimiento de la medicina, de astronomía, de pintura y música”, “Los Mixtecos poseían códices de piel de venado y jaguar, en los que anotaban los conocimientos más notables.” (Zavala, 2008).

7.3.2 Los dominicos en Oaxaca

Una vez asentados los españoles en el territorio de la Nueva España, son los religiosos dominicos los que, a través del dominio de las lenguas nativas, de la música y las oraciones, tienen mayor fuerza que las armas de los españoles y quienes, finalmente, reciben la aceptación de la población indígena local.

Los dominicos arriban a un poblado indígena denominado *Huaxyacac* en el siglo XIV (1528) y se asientan en la denominada Villa de Antequera, en donde reciben unos terrenos para la construcción de un convento, mismo que tardó varios años y del que, para poder recibir el recurso necesarios para la construcción, el Ayuntamiento demandó el financiamiento de los dominicos para las obras de agua para la ciudad. Así, treinta años más tarde, se terminó la construcción del Templo de Santo Domingo y el convento anexo.

Figura 62. San Pedro y San Pablo en Teposcolula. (Robles, 2015)

Figura 63. Santo Domingo Yanhítlán. (*Idem.*)

Este convento, como los otros edificios de la arquitectura religiosa de Oaxaca, se distingue por ser fortalezas de muros anchos, el refuerzo y apoyo de muros por medio corpulentos contrafuertes, torres de campanarios (apenas sobresalientes del cuerpo mayor) y, en general, estructuras de baja altura como respuesta a la sismicidad de la región.

Figura 64. Fotografía del Convento de Santo Domingo de Guzmán Oaxaca. (Aguilar, 2020)

7.4 Convento de Santo Domingo de Guzmán en Oaxaca

El antiguo convento de Santo Domingo de Guzmán inicia su construcción en la segunda mitad del siglo XVI, en el año 1575, bajo la orden de los Dominicos en el centro norte del estado de Oaxaca.

El conjunto se caracterizó por tener espacios destinados al culto, tales como un templo con un coro, una sala capitular, la sala de Profundis, la sala domina y la capilla, oficinas, sacristía y áreas de servicio como la cocina y el refectorio.

El conjunto también contaba con los dormitorios y servicios, las celdas de provinciales, y los correspondientes oratorios; así como áreas destinadas a la educación con aulas y biblioteca.

En las áreas exteriores con más de 2 hectáreas de superficie se encontraban la huerta, los estanques, lavaderos, hornos para cerámica, patios de servicio y el área de desechos.

7.4.1 Espacialidad Urbana

En las inmediaciones del Cerro del Fortín, al norte del centro de la ciudad de Oaxaca, se ubica el conjunto religioso de Santo Domingo, en una superficie mayor a cuatro hectáreas.

7.4.2 Funcionalidad Arquitectónica

La función del edificio determinó la organización espacial, vinculada a la orientación.

La tipología formal de los edificios responde a un esquema de claustro, con un patio central, delimitado por un corredor que da continuidad a los edificios desarrollados en dos niveles.

Cuatro claustros integran el conjunto. En planta baja, al sur en el eje oriente-poniente se localizan la Capilla y el templo; al oriente del templo se localiza el primer claustro destinado a las actividades administrativas complementarias a la iglesia.

En la planta alta del primer claustro se localizan la botica y las habitaciones para los enfermos.

Al norte del primer claustro, en planta baja, se encuentra el segundo claustro; en él se encontraban las bodegas, la cocina y el comedor.

En la planta alta del segundo claustro se localizaban las celdas de los enfermos, las letrinas y parte de las habitaciones de los religiosos.

Colindando al poniente con los dos claustros descritos con anterioridad y con el lado norte del templo se localiza, en planta baja, el tercer claustro en el cual se encuentran las distintas salas y el refectorio. En planta alta se localizaba, al poniente, una línea de celdas dormitorio, el acceso al órgano, la capilla y un corredor interior del claustro.

Estos tres claustros se caracterizan por tener un patio central con forma cuadrada.

El cuarto claustro se localiza en el extremo norponiente del conjunto con un patio central de forma rectangular con edificios en planta baja, al poniente y norte a la educación y del lado oriente a la hospedería. En planta alta se situaron, al oriente, poniente y sur, las celdas de los frailes o dormitorios; así como, en el extremo más distante al norponiente, las letrinas. Del lado norte se encontraban los salones y en hacia el nororiente el mirador

7.4.3 Tipología Formal

La arquitectura de Oaxaca se caracteriza por ser ancha, robusta y corta en sus formas. Se distingue por ser uno de los estados con alta sismicidad en México, debido a la presencia de una sobre posición de placas tectónicas. Así la arquitectura tiene una mayor superficie de contacto y menor altura para proporcionar estabilidad y seguridad a sus habitantes.

7.4.4 Proporción

Las plantas de forma cuadrada utilizan el perímetro de las edificaciones para el área habitable cerrada por muros, cubierta y piso. La extracción del cuerpo edificado forma los patios y los elementos abiertos de control climático y de manejo de las percepciones sensoriales.

Las celdas o habitaciones de los religiosos están diseñadas en planta a través de un cuadrado de 4.2 metros por cada lado, medida que corresponde a 5 varas, a partir de la cual se dimensiona y proporcionan los locales, circulaciones y patios que forman el conjunto.

La proporción de los muros es horizontal, con una altura baja y una amplia longitud; la relación de los muros es mayor que la de los vanos.

7.4.5 Materiales

Los materiales de la región de Oaxaca

La localidad se caracteriza por el uso de materiales naturales, siendo el principal el adobe. La piedra es utilizada, cuando podían obtenerla de las cercanías.

7.4.5.1 Cubiertas

Las cubiertas que se pueden encontrar en Santo Domingo son dos: Bóvedas esféricas para los locales y bóvedas de cañón corrido para las circulaciones.

Estas bóvedas se apoyan en muros que forman arcos de medio punto, o de tres puntos en el caso de los espacios de mayor amplitud y jerarquía, como son la sala Domina y el Coro.

Las bóvedas de los edificios que integran el conjunto religioso se construyeron con ladrillo cocido en planta baja y un relleno de cantera y argamasa de cal/arena para formar el firme del segundo nivel.

En planta alta, la forma curva de las bóvedas de medio cañón de los corredores interiores y las bóvedas esféricas de los espacios habitables se unen en uno de los extremos a través de lucernarios. El acabado interior es de cal y arena finamente bruñido, que torna eficientes los sistemas de iluminación natural.

Las bóvedas del templo son de cantera y ladrillo de barro cocido.

Figura 65. Andador exterior con techo de bóveda y nervaduras. (Gloria Castorena)

Figura 66. Andador interior con bóveda de cañón corrido con el ladrillo expuesto. (Gloria Castorena)

7.4.5.2 Muros

Los muros en planta baja son de mampostería de piedra de cantera, con un espesor promedio de 2.00 metros. Los muros en planta alta son de mampostería de piedra de cantera de color verde, con un espesor de 1.10 metros.

7.4.5.3 Pisos

Los pisos del interior del conjunto religioso son de ladrillo, de cantera y de mármol. Investigaciones previas a la remodelación permitieron localizar los pisos originales en algunos locales, así como el despiece o el acomodo del material.

En las celdas y los salones los pisos fueron de ladrillo de barro cocido, asentados sobre un firme de tierra apisonada. Las piezas de ladrillo se unían entre sí, con mortero de cal y arena.

7.4.5.4 Cantera

Los salones de mayor jerarquía como la sala Dómina y el corredor de planta alta son de losas de cantera.

Figura 67. Corredor exterior del Claustro Principal en Planta Alta, Los Arcos, columnas y fachada son de cantera. (Gloria Castorena)

Figura 68. Vista de los aros, columnas y pretil de cantera. (Gloria Castorena)

7.4.5.5 Mármol

Los pisos del templo y el coro eran de mármol, de color gris y rojo.

En los espacios exteriores el material utilizado en los pisos es el canto rodado, asentado sobre tierra.

7.4.5.6 Acabados

Las bóvedas, muros y lucernarios tienen un aplanado de cal y arena; tres capas de argamasa integrada de cal con agregado de arcilla cernida y unida con agua de cal y savia de nopal. La última capa es bruñida con muñeca y de color claro, lo que le da una superficie brillante de alta reflectancia lumínica.

Figura 69. Fotografía del sistema directo de iluminación a través de los vanos. (Gloria Castorena)

Figura 70. Fotografía del sistema de iluminación a través de ductos de luz. (Gloria Castorena)

Puertas, ventanas y lucernarios

“Todas las puertas y ventanas son iguales, salvo las que corresponden a espacios jerarquizados...con base a una relación geométrica de raíz de dos” (Consejo Nacional para la Cultura y las Artes DGE Ediciones México, 2000).

Dos tipos de puertas limitan los espacios. El primer tipo es la puerta con transparencia térmica, para permitir el paso del viento en un clima cálido. Estaban localizadas en la portería, la salida a la huerta, la escalera principal y en las ventanas, y contaban con rejas o herrería de fierro que ofrecía en todos los casos seguridad sin limitar la ventilación cruzada.

El segundo tipo de puerta es sólida. En este caso, el material utilizado es madera, mismo que se utilizó para cerrar con oscuros los vanos, controlando la temperatura, la ventilación o el aislamiento y la iluminación.

Las ventanas en planta baja mantienen una relación de 1:1 con un abocardado hacia el interior como estrategia de control de la incidencia solar ante un clima cálido, pero con área de iluminación ampliada hacia el interior de los espacios.

Varios arcos de medio punto (apoyados en robustos muros de baja altura) enmarcan los patios, controlando con ellos la incidencia solar de los andadores o corredores, así como la incidencia solar al interior de los locales.

Tecnologías ambientales

Las tecnologías ambientales están presentes en el convento de Santo Domingo en Oaxaca, así como en otros ejemplos de edificios históricos que se asentaron en localidades aisladas, lo que obligó a sus diseñadores y habitantes, a encontrar respuestas de diseño para la habitabilidad de los espacios y su entorno.

En el conjunto de edificios que hoy integran el Museo de las Culturas en Oaxaca, aún utilizan parte de estas tecnologías, como son los sistemas de calentamiento pasivo, los ductos de ventilación natural, la optimización de la iluminación a través del uso de luz cenital y de los acabados en muros, cubiertas y en la superficie perimetral a los vanos de ventanas y puertas. Los relojes solares para medir el tiempo utilizando al mismo sol, son ejemplo de una vida medida por las horas de luz y calor.

Otros sistemas han perdido su función como es el sistema hidráulico por gravedad, que dejó de ser el sistema de abastecimiento en la ciudad, y aunque no opera, sus servicios, ductos y depósitos de almacenamiento y tratamiento aún están en el lugar, como baluarte de la sostenibilidad hídrica.

Climatización Pasiva

Figura 71. Fotografía del claustro de las procesiones. (Gloria Castorena)

Figura 72. Fotografía del claustro de los estudios. (Gloria Castorena)

Los Claustros

“La conformación de espacios perimetrales, adosados y comunicados en su centro a un patio abierto, permite controlar las condiciones de intercambio de energía entre el interior y el exterior, creando un microclima.” (Varela, 2005: 75-82.).

Claustro de Procesiones

De planta cuadrada y en dos niveles de elevación, se conforma el claustro de Procesiones. En planta alta y baja se desarrollan corredores enmarcados por una arcada profunda de control solar, creando un elemento de transición térmica, lumínica y acústica entre el espacio interior y el exterior.

En planta alta se desarrollan dos corredores: el primero en colindancia con el patio central, protegido de la radiación solar y el segundo, contiguo al primero, comunicado a las celdas, dando privacidad, aislamiento y serenidad a los espacios interiores.

Al centro del patio se localiza una fuente cuya función es la climatización a través de la evaporación del agua.

Claustro de Estudios

Este espacio se desarrolla en una planta rectangular, enmarcado por una arcada de 2.00 metros de espesor, con la cual se permite la ventilación, controlando la incidencia solar en las horas de la tarde, las cuales corresponden a la mayor temperatura del día. En planta alta, el muro se perfora a través de pequeñas ventanas con oscuros de madera como medio de control de perdidas conectivas, en un intercambio térmico entre el muro y el viento exterior en el andador colindante a las celdas.

Ventilación natural

La ventilación es una de las estrategias aplicadas en Oaxaca, tanto en ductos de salida de aire caliente, como en vanos de ventanas y terrazas que rematan al final de los corredores cerrados, para forzar la entrada de aire y permitir la extracción del aire caliente en la parte superior.

Los balcones hacen presencia, tanto en los espacios interiores como el balcón de la escalera, así mismo están presentes en la planta alta, orientados hacia del exterior, en estos últimos aprovechando la altura para tener una mayor exposición al viento.

Iluminación Natural

El sistema constructivo para el uso de la iluminación natural en el convento de Santo Domingo es sumamente eficiente, en cuanto a la cantidad y calidad de luz que han logrado a través del tratamiento de las superficies por sus formas, materiales, colores y acabados.

Luz y aire

Los lucernarios se localizan en las circulaciones centrales para iluminar con luz natural y ventilar pasivamente el interior, aprovechando la estratificación del aire caliente en la parte superior en las áreas de circulación. Estos lucernarios también

son chimeneas de ventilación, una tecnología ambiental de alta eficiencia energética en iluminación y climatización pasiva. El cuerpo del dispositivo tiene un ángulo de 45° y se conecta desde el interior de la bóveda, la cual forma la cubierta del corredor, hasta el exterior, con una luz de 1 metro de ancho.

hasta llegar al interior del edificio. Este ha sido recubierto en su interior de un aplanado de varias capas de cal hidratada y arena cernida. En su última capa el acabado está pulido; tan liso que se torna brillante, resaltando el color blanco de la cal. El sistema permite la entrada de la luz natural, en forma directa y por reflexiones múltiples, difusa.

Agua

“Agua que no has de beber, déjala correr...” (Refrán de fuente oral).

En la base del Cerro de San Felipe se encuentra el manantial, cuya agua es canalizada y conducida por gravedad a través de un acueducto o zanja a cielo abierto al centro de Oaxaca. Es en San Felipe del Agua, en donde los dominicos construyen la Ermita de San Bernardino y los molinos de grano, gracias a la disponibilidad de la fuerza motriz del agua.

El convento de Santo Domingo se abastecía del agua proveniente de los manantiales. Ésta entraba por el lado poniente del conjunto arquitectónico hacia un pequeño estanque ubicado en el patio de las aulas, atravesaba las aulas y pasaba por debajo de la escalera, bifurcándose hacia el estanque ubicado en el área abierta al norte. La otra rama de distribución se conducía hacia la fuente y de ahí a las cocinas y áreas de servicio.

El sistema original dejó de funcionar cuando el agua de los manantiales dejó de abastecer el canal abierto, que originalmente alimentaba a toda la ciudad de Oaxaca. Las obras hidráulicas originales quedaron en sitio como parte del legado histórico del edificio y un nuevo sistema hidráulico se adaptó a las necesidades actuales del edificio, como museo.

Agua pluvial

Las cubiertas captaban el agua y la conducían a través de gárgolas por caída libre hacia los patios (en la restauración solo se encontraron fragmentos del anclaje). Un

sistema de desagüe canalizaba el agua de los patios y la conducía, con pasos subterráneos para atravesar las edificaciones, hasta las áreas exteriores.

Figura 75. Fotografía del sistema de tratamiento de las aguas servidas. (Gloria Castorena)

Sistema de aguas servidas

Un sistema de canales de ladrillo, recubiertos con un aplanado de cal y arena, conducía las aguas negras de los baños y las letrinas (localizadas en planta baja) hacia una fosa séptica.

Entre los espacios originalmente diseñados para los servicios, están las letrinas de novicios y las letrinas de los frailes. Las primeras se localizan en el extremo norte del conjunto, colindante a las aulas y las segundas al este del conjunto, en cercanía a las habitaciones, separadas por un corredor a través de dos terrazas, para crear exclusas de control de olores. Debajo de las letrinas de los novicios se encuentra la lavandería, la cual recolectaba las aguas jabonosas para conducir las a un sistema de tratamiento básico (sedimentación), antes de ocuparlas en el riego de las áreas abiertas.

Las letrinas tienen una altura mayor a las celdas y dormitorios; con ello se genera un mayor volumen de aire interior, creando una ventilación forzada para renovar el aire interior y evitar los olores.

Relojes Solares

Como en todo conjunto conventual o monástico, con vista hacia el patio principal, se localizan en la azotea del segundo nivel los relojes de sol para ordenar las actividades en el tiempo.

En el caso de Santo Domingo existen dos relojes verticales de tipo plano de estilete. Uno del lado oriente y otro del lado poniente. Uno de los dispositivos está fechado en el año 1639 y el otro en 1998, como se puede observar en la figura 76 y 77.

Figura 76. Fotografía de reloj solar para las horas de la mañana. (Gloria Castorena)

Figura 77: Fotografía de reloj solar para las horas de la tarde. (Gloria Castorena)

Se observa el reloj solar colocado al oriente, el cual indica las horas de la mañana de las cinco a las once horas. El dispositivo simétrico se encuentra en el paramento poniente para las horas de la tarde.

Figura 78. Vestimenta tradicional de la orden de los jesuitas. (Navascués, 2018)

8 Arquitectura Jesuita

Bajo el principio de “*en todo amar y servir*” y basados en el conocimiento a través de la ciencia, las humanidades, las artes y la tecnología, la orden jesuita se distinguen por estar dedicada principalmente a la educación.

La orden religiosa es fundada en 1540 por Ignacio de Loyola y aprobada por el Papa Paulo III. Siendo una orden recién fundada cuyos conceptos y preceptos basados en el razonamiento se apoyan de las ciencias.

Los jesuitas se formaron como académicos para formar en la educación al mundo; defensores de los oprimidos, luchadores ante las injusticias y críticos con el conocimiento como argumento. Ellos parten de sus lugares de origen y de las universidades donde se formaron y profesaron hacia los diferentes continentes, bajo la defensa de su misión, y así llegan a lugares que otros no quisieron tocar para evangelizar y educar a los oprimidos.

“Desde las misiones, colegios e iglesia a su cargo, hacen aportaciones notables en teología, espiritualidad, filosofía, educación historiografía, lingüística, botánica, medicina, arquitectura, pintura, música, matemáticas, astronomía cartografía, entre otras ciencias.” (Reynoso, S.D.)

Los primeros colegios jesuitas en Europa surgen en viviendas cercanas a las universidades existentes, en donde se formaban los primeros docentes jesuitas; así inician su vocación como maestros del conocimiento e inician la construcción a lo largo del continente europeo de colegios, seminarios y universidades con un alto

reconocimiento de la sociedad europea cristiana, hasta convertirse en la principal orden religiosa dedicada a la educación; y como la educación no tiene fronteras, los jesuitas llegan a tierras recién descubiertas en el continente Americano; tocando territorio mexicano para educar en las ciencias y las artes, de manera incluyente, humana y participativa a los indios, criollos y mestizos.

Al ser la última de las órdenes religiosas en llegar a la Nueva España en 1572; muchos de los lugares ya habían sido repartidos a los franciscanos, dominicos y agustinos; así que se asientan en la capital y posteriormente construyen los conventos-colegios en Pátzcuaro, Oaxaca, Puebla, Morelia, Zacatecas y Guadalajara, las ciudades mas importantes del Virreinato.

Figura 79. Centro Cultural, antiguo Colegio Jesuita Pátzcuaro, Michoacán. (Quadratín, 2018)

Figura 80. Museo Pedro Coronel, antiguo Colegio Jesuita, Zacatecas. (Secretaría de Turismo Zacatecas, 2019)

Como los lugares con las óptimas condiciones climáticas y físicas estaban ocupados por las órdenes mendicantes, que les antecedieron, los jesuitas ocuparon aquellos edificios no utilizados por las otras ordenes, o bien se adentraron en los sitios alejados de los centros urbanos, como los estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Coahuila, Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Durango. En estos lugares la condición climática era agreste y la población local no se distinguía por ser sumisa y obediente, lo que conflictuaba el proceso de evangelización.

Figura 81. Misión Ángel Custorio de Batopilas, Chihuahua. (INAH, S.D.)

Figura 82. Museo de la Misiones Jesuitas, Ex convento Jesuita, Loreto B.C.S. (Loreto News, 2018)

La orden promulga en 1599 el Plan de Estudio denominado *Ratio atque Institutio Studiorum Societatis Jesus* (Roma Insitutum Historicum Societatis Iesu, 1986), sistema educativo, que utiliza herramientas pedagógicas para formar al hombre libre, cambiante y perfectible, mediante su desarrollo intelectual y religioso.

La orden jesuita fue aceptada por la población local y apoyada por la nueva sociedad, lo que le permitió extender sus dominios, no únicamente en el campo de la educación, sino en los procesos de producción a través de las haciendas. Estas estructuras recibían recursos (más los donativos y participaciones), lo que les dio una independencia no solo de pensamiento, sino económica; así como la integración en la comunidad; esto generó inquietud en el Imperio español, por lo cual, en 1767, fueron expulsados de América (México) y deportados a Europa.

8.1 La vida de los jesuitas

El día de los jesuitas en las misiones estaba sujeto a los trabajos y a las actividades espirituales en un horario preestablecido. Hay un relato del día con día de los jesuitas en las Misiones del territorio sudamericano; según Esteban Snihur (2000): El día empezaba a las 4 o 5 de la mañana llamando a la comunidad con tambores, luego iniciaban los cantos de los niños como antesala a la celebración religiosa. Una vez concluida ésta, la jornada laboral daba inicio, alimentando a los niños que asistían a la escuela, los otros niños apoyaban a sus padres en el campo. Los

jesuitas dedicados a la docencia enseñaban a los niños a leer, escribir, hacer cuentas, canto y música. Un receso para el almuerzo, el cual era acompañado por la lectura religiosa, posteriormente tenían un descanso y luego el rezo; para continuar con las actividades docentes. Entre las 5 y las 6 horas impartían el catecismo, la preparación y el fortalecimiento del alma y, finalmente, la jornada cerraba con la oración.

Figura 83. Misioneros jesuitas desde el primer contacto hecho entre el Padre Kino y los indios O'odham en 1691. (Servicio de Parques Nacionales, Departamento del Interior de Estados Unidos, 2016)

Figura 84. California o Nueva Carolina: Lugar de las Obras Apostólicas de la Sociedad de Jesús en la América Septentrional. Padre Eusebio Francisco Kino. (1695)

Las actividades que realizaban los ignacianos en las misiones del norte era un trabajo agotador, como lo relata Hansberguer en *La vida diaria de los padres jesuitas* (1996): “[...] Este consistía en una cantidad de oficios espirituales, administrativos y económicos. Como curas de sus comunidades misioneras, todos los días tenían que decir la misa, celebrar matrimonios, bautizar a niños, confesar a enfermos y moribundos, enterrar a los fallecidos, y todos, estos servicios no sólo se suministraban a los indios, sino muchas veces también a los españoles y mestizos que vivían en los alrededores de las misiones.” (Hausberger, 2015)

Estas actividades se realizaban también en los conventos del centro del territorio; agregando a su horario las actividades de docencia. Los espacios que originalmente fueron para la oración y los servicios religiosos se abrieron hacia la educación, con aulas, bibliotecas, talleres y espacios recreativos. La necesidad de producir alimento y medicinas, los llevó a construir un sistema de riego para la huerta y captar el agua para producir plantas medicinales, de esta forma, los espacios fueron creciendo hasta conformar complejos conjuntos arquitectónicos.

Figura 85. Fotografía aérea del Municipio de Tepetzotlán. (google.com 2021)

8.2 Tepetzotlán, Estado de México

A 38.2 kilómetros hacia el norte de la Ciudad de México, por la autopista México-Querétaro, se encuentra el municipio de Tepetzotlán.

El sitio es un punto estratégico por su ubicación geográfica, para la comunicación entre el centro y el norte del territorio. La topografía del territorio se conforma al poniente por el Cerro La Columna y la Sierra de Tepetzotlán, cuyas máximas elevaciones van desde los 2300 hasta los 2900 metros, y que cuentan con pendientes mayores al 30%, lo que permite una diversidad ambiental. Los terrenos medios, propios para el asentamiento humano y los de menor pendiente, colindantes con el río Tepetzotlán, son planos, inundables y de gran riqueza en materia orgánica, aptos para la producción de alimentos.

La hidrología del lugar indica el nacimiento de manantiales hacia el poniente del territorio, así como el almacenamiento de agua en las depresiones de la tierra, lo

que permite por gravedad, el escurrimiento hacia el punto bajo del territorio y la conducción del agua de lluvia a lo largo del territorio a través del Río Hondo de Tepotzotlán.

Estas propiedades del lugar fueron aprovechadas por los pobladores indígenas y posteriormente observados y considerados para el asentamiento virreinal.

Siguiendo la ruta hacia los estados mineros del norte, los españoles construyeron puentes y caminos que conducían, a través del Camino Real de Tierra Adentro, hacia las zonas mineras. En este intercambio comercial conectaron a la Gran Tenochtitlán con Querétaro, pasando por el territorio de Tepotzotlán.

Al lugar habían llegado los franciscanos, construyendo una pequeña ermita y unos edificios de pequeña escala en el lugar.

La geología del sitio indica la presencia de bancos de material, útil para la construcción hacia el norte del territorio en donde la toba es el material dominante. Esta visión la tienen los jesuitas al construir la hospedería y ofrecer dormitorio y alimento a los transeúntes que circulaban por el Camino Real.

8.2.1 Primeros pobladores de la región

Al igual que en todo el territorio mexicano, los primeros pobladores eran nómadas que encontraron refugio, alimento y las condiciones apropiadas para asentarse en Tepotzotlán.

En el poniente del municipio existen cuevas con pinturas rupestres que muestran la presencia de los primeros pobladores del lugar. Estas se denominan “Las manitas” y “Las lunitas” por las imágenes que fueron plasmadas en los muros y techos de los espacios naturales, socavados en la roca. Estas cuevas tienen una orientación para recibir los rayos del sol y calentar el espacio interior, así como cercanía con cuerpos de agua. En ellas se encuentran las pinturas, que refieren como su nombre, la presencia en negativo de las huellas de varias manos; mientras que la segunda hace referencia a un punto de observación de los astros celestes.

Figura 86. Pinturas rupestres en Cañadas de Cisneros, Tepetzotlán. (Identidad Tepetzotlán, 2016)

Figura 87. Fotografía de las figurillas encontradas en el MNAVI. (Rivera, 2017)

8.2.2 Asentamientos prehispánicos

El nombre de Tepetzotlán deriva de dos vocablos de origen *náhuatl*, *Tepetzotli* que significa joroba y *Tlan*, cuyo significado es “entre jobas (o jorobas)”. En la localidad se asentaron diversos grupos indígenas: aztecas, otomíes, y chichimecas.

“Tepetzotlán se convertiría en un Señorío independiente, poniendo como Señor a Quinatzin III en el año de 1460; esto fue porque Tepetzotlán y otros pueblos habían estado bajo el dominio de Azcapotzalco.” (Estado de México, S.D.)

Las huellas de los asentamientos en la municipalidad son el *Momoxtli*, basamento piramidal emplazado estratégicamente “[...] promontorio que generalmente se encontraba en el centro de las grandes plazas prehispánicas o en las encrucijadas de los caminos. Estas construcciones servían de registro para medir o calcular la oblicuidad elíptica de la tierra con relación al sol, marcando también los principales fenómenos naturales: equinoccios y solsticios.” (*Idem.*). Los monolitos prehispánicos denominados “las Costillas del Diablo y el Cráneo” se localizaron en el cuerpo de agua de La Presita, en la Colonia Ricardo Flores Magón; este último monolito tiene en su superficie el trazo estacional de la trayectoria solar; así como piezas arqueológicas de objetos registrados ante el INAH, en resguardo de los pobladores.

El último descubrimiento prehispánico en Tepotzotlán corresponde a una aldea localizada en colindancia con el Camarín de la Virgen (restauración del 2016). La arqueóloga Josefina Gasca Borja realizó el rescate arqueológico. “El gran hallazgo es que se encontró parte de una unidad habitacional, hasta con huellas de donde estuvieron colocados los maderos para el techo de su casa.” (Barrera, 2017); así como restos de un basamento piramidal.

8.2.3 Tepotzotlán durante la época virreinal

A partir de la toma de la Gran Tenochtitlán, surge la encomienda como parte de la repartición de la población indígena para la realización de los trabajos en las tierras y en actividades como la extracción de los preciosos metales. El trato injusto, el trabajo forzado y la desigualdad llevaron a los misioneros, bajo la palabra de Dios, a la evangelización y a buscar libertad, así como un trato justo y humanitario.

Esto llevó a la Corona Española a detener las encomiendas y enviar a las órdenes mendicantes como mediadores.

“En el año de 1547, Tepotzotlán se convirtió en cabeza de doctrina, teniendo como sujetos a los pueblos que le pertenecían y a otros de la región.” (*Idem.*). Hasta la llegada de los españoles, los franciscanos son la primera orden religiosa en asentarse en Tepotzotlán.

Figura 88. Fotografía aérea del conjunto con la selección de las edificaciones franciscanas, Tepotzotlán. (google.com, 2021)

En el Patio de las bodegas “En el lado sur de este patio existen unas construcciones religiosas levantadas en Tepotzotlán por los franciscanos durante su corto periodo de ocupación.” (INAH, 1964: 21). Estos espacios adquieren el nombre de Bodegas de Perros, por haber encontrado imágenes de estos animales almacenadas en el espacio. El elemento arquitectónico es de planta rectangular cubierta con una bóveda de cañón corrido, y aunque no ha sido determinada su fecha de construcción se documenta como el primer asentamiento franciscano.

8.2.4 Los Jesuitas en Tepotzotlán

En 1580 llegan los jesuitas a Tepotzotlán, en donde construyen el primer Colegio de Lenguas para aprender el habla de la población local. En este colegio de lenguas los religiosos aprendieron otomí, náhuatl y mazahua, mientras que los locales estudiaban la lengua española y el latín.

El segundo colegio que se abrió en Tepotzotlán fue el Seminario de San Martín, establecido con la finalidad de formar a los hijos de los señores del lugar. El tercer colegio, denominado Casa de Probación, estaba destinado a la formación en la orden religiosa.

La población local aprobó las actividades formativas de los jesuitas, por lo que las donaciones permitieron la expansión de las edificaciones que forman el complejo arquitectónico de los Ex colegios Jesuitas de Tepotzotlán.

8.3 Convento y Colegio Jesuita de Tepotzotlán

Figura 90. Plano de conjunto del Ex Colegio Jesuita de Tepotzotlán. (Gloria Castorena)

El conjunto fue realizado en tres etapas cronológicas en los siglos XVI, XVII y XVIII; de esta forma se consolidan los edificios existentes.

8.3.1 Claustro.

Los claustros son las primeras unidades del conjunto, Las funciones del conjunto se organizan por estas agrupaciones, controlando las condiciones micro climáticas.

El claustro de los aljibes

Correspondiente al patio de mayor dimensión, en el que se realizaban las actividades destinadas a la educación y formación de los seminaristas.

Figura 91. Fotografía del Patio de los Aljibes. (google.com, 2021).

Figura 92. Fotografía de la bajada de agua y sistema de filtrado. (google.com, 2021).

Este que alberga los depósitos de agua y los árboles frutales de particular aroma. En esta unidad estaban localizadas las aulas. La educación (tanto de lenguas como de ciencias) se impartía en condiciones térmicas, acústicas y lumínicas controladas a través de la orientación, la renovación del aire y el comportamiento térmico de los materiales, a través del uso de la masividad.

Figura 93. Fotografía del Refectorio. (google.com, 2021).

Figura 94. Fotografía del lavatorio en el anterefectorio. (google.com, 2021).

El claustro de las cocinas desarrolla sus actividades con un elemento común exterior, patio de las cocinas, en donde se localizaban los relojes solares, un depósito de agua, las bodegas de almacenamiento de alimento y las cocinas. Concurren al patio

las cocinas de leña con su amplia ventana para la iluminación y ventilación y la cocina de humo, que se distingue por tener una puerta de entrada y una ventilación superior para la salida natural de humo, en ambas cocinas se realizaba la preservación y preparación de alimentos, que daban función al refectorio.

Figura 95. Fotografía del Patio de las Cocinas. (google.com, 2021).

Figura 96. Cava y Frigorífico, con el muro llorón. (google.com, 2021).

Figura 97. Fotografía de la recreación de una celda jesuita. (google.com, 2021).

Figura 98. Fotografía del sistema de iluminación y lectura. (google.com, 2021).

El claustro de los naranjos.

El claustro de las habitaciones de los novicios y sacerdotes estaba en el patio de los naranjos, caracterizando por un ambiente silencioso, musicalizado únicamente con el sonido del agua, fresco por la humidificación de la vegetación y de la fuente; y perfumado a través de los azares de los cítricos.

En este edificio se situaban las celdas o habitaciones, así como la biblioteca, orientada hacia el norte para permitir una iluminación difusa a lo largo del año, un boliche y la sastrería, entre otros locales.

El control del asoleamiento y los niveles lumínicos se manejan a través de un corredor perimetral, en planta baja y con muros masivos en planta alta por ubicarse en este nivel las habitaciones.

La enfermería y la botica

Los conventos también funcionaron como enfermería para atender a la comunidad religiosa y en algunas órdenes para apoyar a la población local. Colindante con la enfermería se encontraba la botica, en ella se tenían los insumos para la preparación de medicinas. Este espacio tenía la luz del difusa del norte, necesaria en los procesos químicos y físicos necesarios en la producción de medicamentos.

El claustro de la enfermería y botica colindantes al patio de la enfermería producía las plantas medicinales que eran utilizadas en la botica.

La hospedería

La hospedería, era el edificio que albergaba a los viajeros, provenientes de la ruta del Camino Real. Contaban con habitaciones, cocinas y áreas para albergar a las carretas y las caballerizas con un abrevadero.

Figura 99. Fotografía del Templo dedicado a San Francisco Javier. (google.com, 2021).

Figura 100. Interior de la Iglesia. (google.com, 2021).

En orientación sur, se localiza el templo dedicado a San Francisco Javier, el camarín de la Virgen y la Casa de Loreto, así como el atrio de entrada a la Iglesia; hoy, la explanada denominada Plaza de la Cruz.

Figura 101. Fotografía del andador arbolado de la huerta (google.com, 2021).

Figura 102. Secadores solares (google.com, 2021).

La huerta localizada al oriente ha sido modificada en sus niveles, generando en ella terraplenes; los sistemas de riego por gravedad se conservaron en su nivel original. En ella, se realizaban actividades de recreación, como la producción y el secado de los alimentos.

En el lado sur del conjunto se localiza el sistema de tratamiento del agua, así como los pozos de absorción.

Figura 103. Fotografía de los molinos. (google.com, 2021).

Figura 104. Fotografía del estanque de agua. (google.com, 2021).

En la huerta, en el lado norte se encuentran los molinos hidráulicos, lo cuales representan un ejemplo de las primeras industrias de procesamiento (molienda de grano) que se instalaron en el centro de la comunidad. Localizados en el punto de entrada del agua rodada, construyeron unos cilindros para contener el líquido y aprovechar el peso de la columna como fuerza motriz en la rotación de las ruedas de piedra utilizadas en la molienda.

En colindancia a los molinos, en el punto de mayor elevación de la huerta, se puede observar un estanque de almacenamiento de agua rodada, proveniente de los manantiales, la cual era almacenada, y el remanente distribuido a través de las zanjas por gravedad en los solares de la huerta.

8.3.2 Traza Urbana

La traza urbana de origen prehispánico refiere en sus ejes los puntos cardinales: norte, sur, oriente y poniente, delimitando en cuadrantes los cuatro barrios antiguos: *Amxac*, *Tlacateco*, *Tezcacoa* y *Tepuxaccan* (Neri, 2015). Dos de ellos aún conservan su nombre antiguo: *Tlacateco* y *Texcacoa*, mientras que los otros dos se fusionan en la época virreinal y toman un solo nombre de origen castellano: el barrio San Martín. Al centro se encontraban la gran explanada prehispánica y el templo; ambos elementos se fusionan, en una sobre posición, con el Convento Jesuita, formado por el Templo dedicado a San Francisco Javier, el atrio y la explanada actual (denominada Plaza de la Cruz).

Figura 105. Fotografía satelital de Tepotzotlán. (google.com, 2021).

8.3.3 Espacialidad Urbana

El conjunto jesuita se emplaza en la mayor elevación del centro de población, con lo que logran una visualización de la región y una exposición media al viento, con un buen asoleamiento.

El trazo urbano actual corresponde a los ejes trazados en la época prehispánica en forma de damero coincidente con los puntos cardinales.

El conjunto religioso se emplazó en el mismo sitio en el que se encontraba el asentamiento prehispánico, en orientación este oeste, siguiendo la topografía natural del terreno, lo que permitió la construcción del conjunto en tres niveles.

El primero corresponde al acceso a través de la portería, con la enfermería, la botica y el claustro de los aljibes. Este edificio se comunica en su planta baja con la planta alta del claustro de los naranjos. La planta alta, corresponde a un segundo cuerpo en el claustro de los aljibes. Como el terreno es descendente en hacia el este, el nivel de sótano corresponde a las cocinas, las bodegas y el claustro de los naranjos.

A partir del conjunto jesuita, se desarrolló el crecimiento del nuevo pueblo colonial.

8.3.4 Funcionalidad Arquitectónica

La forma y la función arquitectónica tienen una relación directa con el clima exterior y la optimización de las actividades a desarrollar por los usuarios. El conjunto monástico creció por unidades, formadas por el claustro, creando una condición microclimática que era ambientada por unidad acorde a su actividad. Así el claustro de las cocinas en el patio tiene una fuente, mientras que el claustro de los naranjos aromatiza y humidifica los espacios destinados a las habitaciones.

Arquitectónicamente la función y estrategia de diseño para cada ambiente es particular; la iluminación, la respuesta acústica de los locales, las visuales y la aromatización y ventilación de los espacios se manejan con intencionalidad para cada actividad; mientras que las estrategias y conceptos de diseño para la climatización se aplican en forma general a todo el conjunto, como es el aprovechamiento solar directo a través de la orientación este de los vanos ventanas y las ganancias indirectas a través de los muros al poniente en donde las aberturas se reducen al mínimo y la masa de los muros ciegos domina.

8.3.5 Forma y proporción

El conjunto en su planta tiene una proporción próxima al cuadrado y en altura al cubo, con la extracción del área del patio. La sección de los patios varía en proporción por las necesidades de asoleamiento y las percepciones sensoriales y paisajísticas que el espacio ofrece.

Figura 106. Tabla de forma y proporción de los patios en el Convento Jesuita de Tepotzotlán. (Gloria Castorena)

El patio de los aljibes es de forma cuadrada, dando las mismas condiciones de iluminación, asoleamiento y ventilación a cada una de las fachadas. El claustro se conecta con el patio central en planta baja y planta a través de un corredor perimetral iluminado y ventilado por medio de ventanas.

Figura 107. Plano de la planta arquitectónica del Claustro de los Aljibes. (Gloria Castorena)

Figura 108. Fotografía del Patio de los Aljibes. (Gloria Castorena)

El patio de las cocinas (de menor dimensión) permite la ventilación de las cocinas, así como la iluminación directa para la preparación de los alimentos. Las bodegas no requieren de incidencia directa por lo que solo la puerta comunica al patio.

La cava para la preservación del vino y el frigorífico se sitúan en colindancia con las cocinas. El ante refectorio y el refectorio, se encuentran en colindancia con la cocina y con el acceso desde el claustro de los naranjos.

La importancia del tiempo se articula a los espacios a través de los relojes solares, localizados en el nivel superior del edificio, en la fachada sur del patio.

Figura 109. Plano de la planta arquitectónica y fotografía del Patio de los Naranjos. (Gloria Castorena)

Figura 110. Fotografía del Patio de los Naranjos (INAH)

Uno de los patios, con aroma a azares en primavera, es el patio de los naranjos. Su claustro rodea al patio cuadrado a través un corredor en planta baja; en planta alta, los muros llegan al paño exterior, generando un corredor cerrado para proteger de los intercambios del clima a las celdas o dormitorios.

En el centro, una fuente humidifica el ambiente y genera una armonía entre árboles, aves e insectos que comparten con agua y sonidos de vida.

El patio de la enfermería está localizado en el extremo norte de forma alargada en el eje oriente-poniente. Esto ayuda a tener la mayor ganancia solar de la mañana, favoreciendo el crecimiento de las especies vegetales utilizadas para el cuidado de la salud; cuenta con un aljibe de agua pluvial para garantizar el abastecimiento del vital líquido. Este patio colinda con la enfermería y la botica, dos espacios que articulan sus funciones con la producción de plantas medicinales.

Los espacios contiguos al patio en la fachada sur cuentan con el calentamiento solar directo, mientras que los colindantes con la fachada norte (botica y enfermería) tienen la óptima condición de luz natural difusa necesaria en la preparación de medicamentos y la observación de los enfermos.

El claustro de la hospedería abre su patio hacia al poniente con una fachada franca y expuesta, para recibir el mayor número de horas y de radiación y para almacenar la energía térmica a través de sus muros con el fin de irradiar el calor hacia el interior de las habitaciones, compensando las bajas temperaturas exteriores durante la noche.

El patio las bodegas de forma alargada en orientación este-oeste genera el claro necesario para que el muro sur del claustro de los aljibes reciba radiación sol, para el calentamiento e iluminación de los espacios interiores, en la época fría de invierno. El lado largo del patio de las bodegas, corresponde una vez la planta de la iglesia, para evitar la obstrucción de la radiación en los edificios colindantes, por causa de la sombra de la Iglesia.

Figura 111. Planta arquitectónica de la Capilla Doméstica con áreas anexas y Fotografía del altar principal. (Gloria Castorena)

Figura 112. Fotografía del altar principal de la Capilla Doméstica. (Gloria Castorena)

El patio de la Capilla Doméstica tiene la función principal de iluminar, a través de la fachada este, el interior de la capilla. En ella se han colocado vidrios de carretón que generan un efecto de luz indirecta, semi-traslúcida, para iluminar el espacio interior sin vistas hacia el exterior. Este espacio en particular es iluminado a través de espejos que reflejan la luz del exterior y crean un ambiente cambiante ante las condiciones de luminancia del cielo.

En conclusión, es el esquema de claustro con su patio, lo que permite en control del microclima y las percepciones sensoriales.

8.3.6 Materiales

Es muy probable que parte de los materiales pétreos empleados como basamento o cimentación hayan sido reutilizados en la edificación del conjunto, ya que en el acceso de la Casa Parroquial se encuentra un basamento de ornamentación prehispánica, y en las excavaciones realizadas en el Patio de los aljibes se encontró un *Temazcal*, lo que confirma las etapas cronológicas y la sobreposición.

Figura 113. Fotografía de las edificaciones de los molinos jesuitas en Tepetzotlán. (Gloria Castorena)

Figura 114. Fotografía de materiales de construcción. (Gloria Castorena)

Los basamentos bajos de los muros son de piedra y argamasa. Los materiales utilizados en los muros eran sillar, arcilla y piedra; el primero, procedente de los bancos localizados en la zona norte del municipio en la ex hacienda de la Teja. El acabado final consta de un aplanados con cal apagada y arena finamente cernida, acompañados de pintura de color y cal, lo que producía tonos claros al interior y exterior de los espacios.

La cal se utiliza como material básico en la argamasa de unión, en los aplanados y en la impermeabilización de superficies. Ha permitido (hasta nuestros tiempos) que los muros se conserven, pues a través de este mineral, los materiales respiran y transpiran, intercambiando la humedad del sistema con la humedad del ambiente. Adicionalmente al ser parte de los recubrimientos, con la cal se evitaba que los insectos anidaran en los recovecos de los muros y que las pequeñas plantas crecieran en busca de tierra y humedad.

La cal también era ocupada para la limpieza del agua por decantación de partículas y para conservar la propiedad de su transparencia.

Figura 115. Fotografía de materiales y acabados interiores. (Gloria Castorena)

Figura 116. Fotografía de aplanados interiores y pintura a la cal (google.com, 2021).

El acabado final de algunos muros cerraba en la parte baja con un guardapolvo pintado de color rojo almagra (color de la tierra roja), un tono cromático de origen árabe-hispánico.

8.3.6.1 Techos

Originalmente la losa era de terrado con un espesor de 30, soportada por una cimbra ahogada de tejamanil y/o de piezas de barro cocido colocado sobre una viguería de madera. Este sistema era sellado en el exterior con un aplanado de cal-arena.

Algunos techos se construyeron de bóvedas de piedra mamposteada, con aplanados de cal y arena, terminados con pintura a la cal y ornamentados por frescos.

8.3.6.2 Pisos

Los pisos de los pasillos son de piedra de Santo Tomás y cuentan con un color grisáceo con betas blancas y manchones marrones. El piso de las celdas o habitaciones, así como el de otras dependencias, están recubiertos con ladrillo rojo.

En la huerta aún se pueden encontrar piezas originales de tabique de amplia sección y espesor que se utilizaron para los andadores de las áreas exteriores.

8.3.6.3 Puertas y ventanas

Un elemento presente en los locales colindantes con los patios es la puerta-ventana, elemento seccionado en dos hojas y conformado por una doble cubierta; la primera con vidrio para permitir la iluminación y la segunda formada por oscuros o postigos de madera con acabado de linaza, como aislamiento acústico, lumínico y térmico al interior. Las ventanas fueron construidas con el mismo principio de doble hoja y función operable por secciones.

Figura 117. Fotografía de los sistemas de iluminación natural (google.com, 2021)

Figura 118. Sistema de iluminación natural con alabastro (luz ámbar) y ventana con vidrio transparente. (google.com, 2021)

Tres tipos de superficies: transparentes, traslúcidas o de color, ocupan los vanos para la iluminación de los espacios. Aquellos locales que anteceden a un espacio de oración se han diseñado con niveles bajos de iluminación para dar tiempo a que el ojo humano se habitúe a descubrir el espacio principal. Esta intención lumínica se logra utilizando un corte laminar de alabastro o de mármol (Tecali, Puebla), el cual produce un efecto de luz difusa en un ambiente sereno, idóneo para la oración.

8.3.6.4 Elementos ornamentales

La fachada de la Iglesia y algunos elementos ornamentales son de piedra de color blanco rosado, la cual proviene de la cantera de la Hacienda de la Tecla.

Los retablos y esculturas que decoran la iglesia de San Francisco Javier, así como los de la Capilla Doméstica, la Capilla de la Virgen de Loreto y el Camarín de la Virgen son de madera dorada y madera policromada.

8.3.7 Iluminación nocturna

La iluminación nocturna de los espacios era a través de velas, siguiendo el principio de punto luminoso, esto es: una fuente de luz de tamaño inferior a la quinta parte de la distancia, de la fuente a la superficie iluminada. La localización de nichos en los muros de los pasillos ejemplifica el principio lumínico.

En el uso de la iluminación natural se suma a la función térmica y acústica en las ventanas con sus postigos y en las puertas, ambos sistemas operables para cubrir los requerimientos de bienestar de los usuarios.

En la figura 119 se muestran dos lecturas interiores instantáneas.

Figura 119. Plano de la planta de las ventanas y lectura en Klux. En un día despejado con sol (Gloria Castorena)

Figura 120. Fotografía de las ventanas analizadas. (Gloria Castorena)

Figura 121. Fotografía de la esclusa térmica, lumínica y acústica del Claustro de los Naranjos hacia la Huerta. (google.com, 2021)

Figura 122. Fotografía de andador que comunica el Anterefectorio y el Patio de las Cocinas. (google.com, 2021)

Una decisión de diseño lumínico es la transición de luminancia a través de espacios contiguos. El patio comunica con el andador, y el andador comunica con la habitación; con ello, los niveles de iluminación del patio disminuyen en el pasillo y se reducen en la habitación, creando una transición lumínica, acústica y térmica entre el exterior y el interior.

Figura 123. Fotografía de los retablos, púlpito y coro en el Templo a San Francisco Javier. (google.com, 2021)

Figura 124. Fotografía del Púlpito. (google.com, 2021)

8.3.8 Acústica

La iglesia dedicada a San Francisco Javier es un ejemplo de un diseño acústico adecuado.

El principal elemento en él son los retablos, con esculturas, nichos y elementos ornamentales salientes que conforman superficies frontales y laterales y funcionan como planos absorbentes que atrapan entre sus salientes y entrantes el sonido.

El pulpito se localiza a una altura mayor que la del público para que el sonido no encuentre obstáculos en su trayecto. El pulpito cuenta con una cubierta acústica o tornavoz cuyo principio era el de dirigir el sonido y direccionarlo; con él, el sonido de la voz se amplificaba conservando las propiedades de claridad y nitidez.

Tecnologías ambientales

En el convento jesuita de Tepotzotlán se han encontrado las siguientes tecnologías ambientales:

1) Sistema de climatización pasivo

La orientación y forma de los edificios, determinada por el eje térmico, en el recorrido por el este, sur y oeste; para el calentamiento directo e indirecto.

El uso de madera como aislante en puertas y ventanas, para evitar las pérdidas por convección y conservar las ganancias generadas al interior de los espacios habitables.

2) Sistemas de iluminación natural

La protección del viento en el lado norte de las edificaciones, con ventanas en esta orientación para la iluminación, como lo ejemplifica la biblioteca localizada en la planta alta del claustro de los naranjos, que tiene una ventana única para recibir la luz difusa que proviene del norte.

El ensanchamiento en muros y cubiertas a partir de la entrada de luz incrementa el área de iluminación, por lo que esta estrategia se ha resuelto en cada vano, con formas adaptadas al local.

3) El tiempo solar

La medición del tiempo era por el trayecto solar, como lo demuestran los dos relojes localizados en el patio de las cocinas, uno de los cuales no está en funcionamiento porque perdió su estilete, pero el segundo se encuentra actualmente operando con precisión.

4) Secador Solar

En la huerta se producían los frutos y verduras como parte de la alimentación. Estos productos se preservaban en el secador solar, el cual tenía originalmente un piso radiante, como parte del sistema.

5) Ciclo del agua

El agua ha sido y será el elemento que determina la posibilidad urbanizar un sitio. Los jesuitas disponían de dos sistemas de abastecimiento. El recurso proveniente de los manantiales y el agua captada, conducida, filtrada, almacenada en los dos aljibes del patio del mismo nombre, utilizada en los servicios, cocinas y lavatorios en el claustro de las cocinas y posteriormente tratada a través de un sistema localizado en el lado sur de la huerta; el final del sistema era el riego y la infiltración. Un ciclo cerrado del agua al interior del convento.

Sin dudar, el conjunto edificado se diseñó para ser sustentable cubriendo las necesidades de una sociedad con la tecnología y los sistemas ambientales apropiados.

Climatización pasiva

El análisis de la temperatura ambiente se comparó con el comportamiento de la temperatura al interior de las salas de exhibición. El Museo Nacional del Virreinato facilitó los registros para la obtención de lo gráficos que se presentan a continuación.

Figura 125. Oscilación térmica interior y exterior. (Gloria Castorena)

Figura 126. Temperaturas exterior e interior. (Gloria Castorena)

La oscilación térmica máxima al exterior corresponde al periodo invernal con un valor de 20 °C; en el mismo periodo, la temperatura interior tiene una oscilación de 3 °C aproximadamente.

La máxima oscilación térmica al interior de los locales se presenta en primavera.

Es en el periodo de lluvia, cuando la humedad estabiliza la temperatura ambiente exterior. Al interior de los locales se tiene una estabilidad térmica con una reducción de 8 °C en promedio.

Iluminación Natural

La existencia del sol como fuente de calor y luz, y el potencial que en México tiene la radiación para iluminar en forma natural los espacios, dio viabilidad a su utilización por su cantidad, siendo el uso de esta lo que dio calidad de luz a los espacios.

En el caso de estudio se encontraron los siguientes sistemas para introducir luz natural en los espacios:

- El patio central (iluminación indirecta).
- Los vanos o aberturas verticales (ventanas).
- Los vanos o aberturas horizontales (iluminación cenital por medio de claraboyas, lucernarios y linternillas).
- Reflexiones múltiples (espejos y superficies brillantes).

La cantidad de energía lumínica al interior de los espacios está determinada por la forma y proporción de la abertura, el material del que se conforma la superficie de transmisión y las reflexiones o absorción del ambiente interior del espacio.

Las aberturas existentes en el conjunto religioso se analizaron y clasificaron en una tabla, determinando la forma y proporción de los elementos.

Elemento	Forma	Proporción	
Ventana			
Rectangular		1:1.6	1:1.9
Cuadrada		1:1	
Óculo			
Oval		1:1.4	
Circular		1:1	
Octagonal		1:1	

Figura 127. Tabla de las aberturas existentes en el conjunto religioso jesuita. (Gloria Castorena)

El ensanchamiento de los muros que reciben las ventanas indica una intención en aprovechar el comportamiento físico de la luz por reflexión, tanto en muros como en las cubiertas.

Figura 128. Ventana con ensanchamiento de muros perimetrales y en las cubiertas. (google.com 2021)

Figura 129. Ventana hacia el Patio de las Cocinas. (google.com 2021)

En la vida conventual el uso diurno de la luz natural era obligado y las actividades se ajustaban a la salida y el ocaso del sol. Sin embargo, como se puede observar en los espacios de oración, en la iglesia de San Francisco Javier y en la Capilla Doméstica, los candelabros indican el uso de la luz de las velas. Éstas han sido utilizadas desde la antigüedad en diversas culturas y religiones, ya sea para honrar a la divinidad o para conducir las almas de los difuntos, con fe, esperanza y luz.

El color de la luz de una vela tiene un valor de temperatura de color de 1000K, lo que da como resultado una luz cálida en un tono rojo-anaranjado. La cantidad de energía lumínica de una vela es la intensidad luminosa equivalente a una candela. Comparado con la sensibilidad lumínica del ojo humano, la cantidad de energía lumínica en una noche de luna llena equivale a 0.1 luxes. Se necesitarían 10 lúmenes/m², equivalente a 10 velas para emular la luz que percibe el ojo humano en una noche despejada de luna llena.

Este parámetro nos permite entender el efecto que tenían las imágenes de los santos cuando eran iluminadas por velas, con una baja intensidad; si a ello le sumamos el color rojizo de la flama, reflejado en el dorado de los retablos y con el movimiento del proceso de combustión en el pabito, reflejado en la imagen o la escultura, es como si ésta tuviera un movimiento lento que asemeja la respiración.

Figura 130. Planta del Camarín de la Virgen
 Autoría: Gloria Castorena

Figura 131. Fotografía del interior
 Autoría: Marat, INAH

Otro efecto escénico es el que se lleva a cabo en el Camarín de la virgen, en donde la bóveda del techo es rematada por una triple linternilla que permite el paso de la luz en el amanecer y en el atardecer iluminando la escultura de una paloma, que por efecto del recorrido de la luz natural simula el ascenso y descenso del Espíritu Santo.

Agua

El sistema hidráulico del conjunto es sostenible, el ciclo del agua se cierra en el propio terreno.

La captación del agua es a través de las cubiertas, canalizada por gárgolas y canaletas abiertas hacia los patios, previamente filtrada y almacenando en dos aljibes conectados bajo el principio físico de vasos comunicantes. En la obscuridad

de los depósitos, el agua reposa para ser utilizada por gravedad en los servicios, lavatorios, cocina y limpieza del propio edificio. Una vez utilizada, el agua era tratada a través de un sistema de doble cámara con sedimentación, decantación, cámara anaeróbica, cámara aeróbica, campo de oxidación, riego y deposición final en el pozo de absorción.

Un segundo sistema era utilizado en el conjunto. Desde la época prehispánica un *apantle* o zanja conducía el agua por gravedad desde los manantiales localizados al poniente del territorio, este era el sistema original de abastecimiento de agua para los habitantes de Tepotzotlán; mismo que fue enderezado por la población bajo la asesoría y las herramientas de los jesuitas, para incrementar el caudal y así suministrar agua a los molinos localizados en el convento jesuita, para el procesamiento de granos. Esta agua proveniente de la denominada Zanja Real era depositada en un estanque y distribuida a las zonas de producción de alimento, hortalizas y huerta, pero también al frigorífico y al depósito del patio de las cocinas, sin olvidar la dotación para el lavatorio del refectorio. El agua no utilizada continuaba su recorrido a través de una zanja fuera del conjunto hasta alcanzar el nivel del río.

8.3.9.4 Producción y preservación de alimentos

Los solares de la huerta se delimitaban por zanjas de riego, lo que permitía tener árboles frutales de diferentes especies, así como flores y plantas aromáticas.

Era en las haciendas donde se producían granos y verduras; los primeros almacenados en las bodegas y procesados en los molinos.

Condicionados por los ciclos de producción de las plantas, los alimentos se conservaron a través de varios sistemas: en las cocinas de humo las carnes se humeaban y se salaban; las verduras se hundían en vinagre y distintas especies y las frutas se secaban al sol, por medio de un secador solar colocado en la huerta.

Este elemento consiste en dos columnas ahogadas en su base a través de dos pequeños estanques, para evitar que los insectos y roedores accedieran a través de las pilastras, las cuales soportaban cuatro vigas encontradas en donde los productos eran expuestos al sol radiante en orientación sur, deshidratándolas para su conservación.

Los jesuitas lograron la autosuficiencia en la producción, el procesamiento y la conservación de alimentos; así como en la generación de energía motriz aprovechando la fuerza del agua. Eficientes en la climatización e iluminación de sus espacios, que además poseen una estética única.

Figura 132. México visto desde el espacio. (Mapa del mundo, S.D.)

Análisis del Clima en el tiempo

La condición atmosférica reinante en una localidad en México se debe analizar a través de los registros en sitio compilados por el Sistema de Información Climatológica del Observatorio Meteorológico Nacional, ya que estos datos son los de mayor veracidad para un análisis climatológico, sin que ello descarte la disponibilidad de información climática a través de cálculos matemáticos para la estimación de datos, como se puede realizar con el programa denominado *Bioclimatic Analysis Tools* (Estimación de temperatura, humedad o radiación) de Fuentes Freixanet (2014); así como *Climat Consultant, Built 16* (2020), que utiliza el método de interpolación espacial de la información satelital, así como la concentración de archivos utilizados para la realización de gráficos y definición de estrategias de diseño como bioarq de la Universidad de Colima, Gómez-Azpeitia (2016); o bien, se puede acceder a los repositorios de datos climáticos (limate.onebuilding.org) y a los archivos en formato *epw* (*energy plus weather*) para la aplicación de simuladores del comportamiento energético en las edificaciones (*Energy Plus*).

En el presente estudio, se consideró un análisis histórico de los datos climatológicos del Observatorio Meteorológico Nacional (Normales Climatológicas) de la localidad de Tepotzotlán, en el Estado de México, con el objetivo particular de evaluar el comportamiento del clima a lo largo de 55 años para crear una regresión climática que vinculara las estrategias de diseño bioclimático con las condiciones reinantes en los siglos XVI y XVII en México. Los datos utilizados para el análisis corresponden en el registro inicial a 1961 y finalizan con los valores del año 2015.

En la municipalidad existen tres estaciones meteorológicas: 1. Presa la Concepción, 2. Represa El Alemán y 3. *Xochitla*. Se analizó la estación de Represa el Alemán (55081) porque se localiza en la cabecera municipal, colindante con el centro histórico en el cual se localiza el Museo Nacional del Virreinato, conjunto jesuita que integra uno de los climas de la presente investigación doctoral sobre la sustentabilidad de los edificios históricos.

El trabajo se realizó con la siguiente metodología:

- Compilación de la base de datos climatológicos de las temperaturas y precipitación, registrados en la Comisión Nacional del Agua a través de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional.
- Gráfica y Análisis de la información.
- Proyección de las pendientes de temperatura y precipitación pluvial en el tiempo.
- Conclusiones.

La Represa el Alemán, ubicada en Tepotzotlán, se localiza a una latitud 19° 24', con una longitud de 99° 13' y una altitud de 2365 Msnm.

La localidad presenta un clima Cb (w0)(w)(i') que corresponde a un Templado, con poca oscilación, no es Ganges, no ha canícula; según la clasificación de Köppen, modificada de Enriqueta García (2004). El *Bioclima* es el de un Semifrío Seco, conforme a la *Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura* desarrollada por Figueroa y Fuentes (1990).

El objetivo principal es analizar la temperatura y la precipitación pluvial registrada en los últimos 55 años (1961-2015), para determinar la pendiente del comportamiento climático en los próximos años.

Figura 133. Gráfico de Temperaturas Tepotzotlán, Estado de México. (Gloria Castorena)

Como se puede observar en el gráfico (figura 133.), las temperaturas muestran periodos cíclicos en las alteraciones del comportamiento regular.

El primer periodo corresponde a 1967 con un aumento de 1°C promedio en las temperaturas máxima extrema y promedio de máxima y una disminución de 2°C en las temperaturas promedio de mínimas y mínima extrema, lo que determina un incremento en la oscilación térmica.

El segundo periodo corresponde a 1982. En este periodo se puede observar un incremento en la temperatura máxima extrema de 2°C y en la temperatura máxima promedio de 3°C; al mismo tiempo que se observa una disminución en la temperatura mínima promedio de 3 °C y en la temperatura mínima extrema de 3°C en promedio, lo cual incrementa en 5 °C la oscilación térmica promedio.

El tercer periodo es en 1994, cuando se observa un incremento en las temperaturas hasta alcanzar la cresta máxima en el año 2005, con un incremento en cada una de las temperaturas de 2°C en promedio, manteniéndose casi constante hasta los valores correspondientes a 2015 en donde se observa una disminución de 0.5 °C en los cuatro valores de temperatura analizados.

Figura 134. Gráfico del comportamiento Histórico de la Precipitación Total Anual Tepotzotlán, Estado de México. (Gloria Castorena)

La precipitación pluvial muestra una variación cada cinco años en promedio, siendo de mayor magnitud los periodos de disminución de la precipitación pluvial en relación a la media.

En 1967 se observa una disminución de 200 mm con respecto a la media, lo que generó dinámicamente la amplitud de oscilación en las temperaturas. En 1975 se observa un incremento de 500 mm, acorde a la línea horizontal del comportamiento estable de las temperaturas.

Se repite el comportamiento de periodos secos en 1977, 1981, 1987, 1994 y 2004, periodo en el que se observa una disminución mayor a 300 mm con respecto a la media, el año 2005 es el que presenta la mayor sequedad en el periodo analizado, lo que trajo consigo el incremento en la oscilación térmica, como se observó en el tercer periodo analizado de la temperatura. Nuevamente se presenta una disminución de la precipitación en 2011 y a partir del 2013 se observa un comportamiento ascendente, hasta los últimos datos analizados correspondientes al 2015.

A partir de 1994 y hasta el año 2015, se observa un incremento en las temperaturas de la localidad de 2°C, resultando en un total de dos unidades en un periodo de 20 años. Esta consecuencia deriva del cambio climático, un proceso que se ha acelerado por diferentes razones, entre las que destacan la conurbación de la municipalidad, la deforestación, los gases de efecto invernadero, entre otros factores que están generando un sistema de almacenamiento de la temperatura, denominado isla de calor.

Fotografía aérea 1960

Fotografía aérea 1970

Fotografía aérea 1992

Fotografía aérea 2004

Fotografía aérea 2020

Figura 135. Fotografía aérea 1960. (Google Maps)

Figura 136. Fotografía aérea 1970. (Google Maps)

Figura 137. Fotografía aérea 1992. (Google Maps)

Figura 138. Fotografía aérea 1992. (Google Maps)

139. Fotografía del crecimiento urbano 2020. (Google Maps)

En estas imágenes satelitales se observa el proceso de conurbación urbana, la disminución de áreas verdes y las variables en el incremento de temperatura.

A nivel mundial, en el 2007 los habitantes de las áreas urbanas superan a los que viven en zonas rurales; este efecto de la urbanización es un detonante del cambio

climático, al transformar los espacios rurales, abiertos de menor densidad de ocupación en zonas urbanas con pocas áreas verdes, impermeables, de mayor densidad de ocupación y con una tendencia a generar islas de calor, concentradores térmicos. Cabe recordar que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha hecho una llamada de atención sobre los indicios de cambio climático y sus efectos, considerando que durante el periodo 2015-2019, éstos se han intensificado.

¿Cómo era el clima cuando se construyeron en América las edificaciones históricas de los religiosos mendicantes?

Probablemente el calentamiento acelerado del siglo XX no es un precedente para una regresión climática, por lo que se han realizado varias investigaciones sobre la reconstrucción de la temperatura en el tiempo, considerando que solo se tienen datos de temperaturas de registro confiable a partir de 1850 (Brohan, 2006); por lo que ha sido necesario considerar indicadores denominados *proxies* (crecimiento de los anillos de los árboles, crecimiento de los corales y variaciones de los núcleos del hielo, entre otros), para reconstruir las temperaturas en la tierra.

Reconstrucción de las temperaturas en el Hemisferio Norte. Las líneas azules están basadas en artículos antiguos, las líneas rojizas en últimos artículos y la línea negra corresponde a registro instrumental.

Figura 140. Gráfico de la temperatura restaurada. (Robert, 2005)

En la investigación *El clima de la Tierra a lo largo de la Historia* de José Miguel Viñas Rubio el autor cita: “Suele considerarse el período de 1550 a 1700 como el más frío, iniciándose el enfriamiento en algunos lugares a finales del siglo XIV, y prolongándose en otros hasta mediados del XIX.” (Viñas, 2013: 236).

El diseño y la operación de la arquitectura y el urbanismo son tan importantes como los gases de efecto invernadero ante el cambio climático.

Otros estudios climáticos que se han realizado en el Valle de México corresponden a simulaciones numéricas, en las cuales se consideran las variables físico ambientales.

El artículo *Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI*, de Ángel Ruíz y Erika López (2015) es un ejemplo en el que utilizando el modelo numérico *Weather Reserch an Fotecasting* replican el sistema lacustre con los cinco antiguos lagos del Valle de México y lo comparan con un escenario sin la presencia de los cuerpos de agua, en ocho estaciones meteorológicas, (la estación analizada se encuentra en Tlalnepanta, a 25 km de distancia de la estación Represa el Alemán en Tepetzotlán), concluyendo los siguientes resultados:

Estación	Tmax °C	Tmin °C	Secos Rango con lagos	ene-feb Rango sin lagos	T maz °C	Tmin°C	Lluvias Rango con lagos	ago-sep Rango sin lagos
Tlalnepantla	1.08	1.05	6.35	9.2	1.21	0.7	7.66	9.58

Figura 141. Relación del rango promedio y las diferencias absolutas en temperatura máxima y mínima, en grados Celsius para las simulaciones sin lago y con lagos. Los cálculos se muestran considerando los dos meses secos (enero - febrero) y los meses lluviosos (agosto - septiembre). Valores tomados del artículo Estimación de respuesta térmica del Valle de México en el siglo XVI de Ruíz y López. (*Idem.*)

Con base en la información aportada por Ruíz y López, la temperatura máxima en el siglo XVI era 1°C menor y la temperatura mínima 1°C mayor en la zona norte del Valle de México, en presencia del sistema hidrológico fluvial expuesto, lo que muestra una reducción en la oscilación térmica.

“[...] En aproximadamente los últimos 500 años las modificaciones antropogénicas en el sistema lacustre del Valle de México han resultado en un incremento irreversible en la temperatura, generando un micro clima regionalmente. Los resultados de este trabajo sugieren que el impacto en la respuesta térmica debido a la extinción del sistema lacustre puede alcanzar los 5.78 °C, siendo mucho mayor

que el promedio de las proyecciones globales debidas al cambio climático, *i.e.*, 0.8 °C, en el mismo periodo de tiempo.” (IPCC, 2013).

“[Hay] un incremento promedio en la temperatura máxima para los meses secos de 2.78 °C, mientras que para los meses en época de lluvia es de 2.47 °C. Con respecto a la temperatura mínima la diferencia promedio para los meses secos es de 1.70 °C y para los meses de lluvia de 1.03 °C. [...] El rango diurno de la temperatura en superficie ($DTR = T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$) para los meses secos considerando el sistema lacustre es de 5.95 °C y de 7.41 °C para los meses de lluvia. Sin embargo, considerando las condiciones actuales, los meses secos presentan un rango de 10.43 °C y de 10.92 °C en los meses de lluvia. De esta forma, observamos una mayor variabilidad de la temperatura diurna en la ausencia del sistema.”. (Ruiz y López, 2015.)

A las investigaciones se suman las crónicas y los escritos de los españoles.

“[...] Son tantos los arroyos y ríos que por todas partes corren de estos montes, que en la verdad me aconteció en espacio de dos leguas contar veinte y cinco ríos y arroyos, y esto no es en la tierra donde más agua había.” (Motolinía, 1985: 59).

“[...] Es tal la temperatura de México y los lugares vecinos, que así en invierno como en verano puede usarse la misma ropa en la persona y en la cama.” (Cervantes, 1986: 142).

Finalmente, este estudio nos lleva a responder algunas preguntas: ¿Las edificaciones religiosas ofrecen confort a los usuarios en las condiciones climáticas actuales? Si, si se considera que el rango de confort tiene un rango de 5°C (Szokolay, 1997).

¿La revitalización del conocimiento bioclimático de la arquitectura patrimonial permite tomar acciones sobre el cambio climático con principios científicos, culturales y de conocimiento e identidad local? Si, la climatización pasiva, la iluminación natural, los procesos de refrigeración natural y secado solar reducen el consumo de energía y por lo tanto son acciones y estrategias para reducir el cambio climático.

Conclusiones

Las organizaciones internacionales son una parte importante al momento de frenar cambio climático, pues pueden impulsar el uso de energías limpias que suplan las energías fósiles y sus derivados, los cuales generan los gases de efecto invernadero. Esto tiene sentido si consideramos que en el planeta no ha habido una concentración de CO_2 tan alta como la que vivimos, desde hace 3000 millones de años (Greenpeace) sin embargo el diseño urbano y arquitectónico, como modificadores del medio natural, también son partícipes activos y exponenciales del cambio climático, al olvidar de la arquitectura histórica, los principios de adecuación al clima con la relación directa de eficiencia energética (usos de sistemas pasivos de calentamiento, iluminación, ventilación, humidificación y más), así como la conciencia aplicada con un uso de los recursos naturales, responsable y sostenible.

Las investigaciones sobre regresión climática coinciden con una disminución en el tiempo de la oscilación térmica, con un valor de 1°C menos en las temperaturas máximas y las temperaturas mínimas; sin embargo, el efecto de urbanización, la destrucción de los cuerpos de agua y de la vegetación, tienen un impacto mayor ante el cambio climático con un efecto de aumento en la oscilación térmica. Esto quiere decir que por efecto de modificación al entorno como fue secar los lagos de la Gran Tenochtitlán, la temperatura ha tenido un incremento de 4°C , condición que supera las estimaciones ante el cambio climático.

La urbanización vinculada a la naturaleza, respetando unidades ambientales, vinculando con el espacio habitable al derecho equitativo al paisaje, a la biodiversidad, a un espacio sano y a la salud de los usuarios.

Los resultados del análisis realizado arrojan que en siglo XVI, las temperaturas se ajustan a una disminución de 1°C en la temperatura máxima promedio y un aumento de 1°C en la temperatura mínima promedio; 0.2°C mayor a la proyección global.

Para la definición de estrategias de diseño bioclimático, la variación entra en el rango de bienestar térmico, considerando que las otras variables (humedad, viento, oscilación térmica) deben permanecer constantes.

Figura 142. Fotografía satelital de la Capital del Estado de Querétaro, Santiago de Querétaro. (google.com, 2021)

9 Análisis climático de Querétaro

En el centro-norte de la República Mexicana, en la zona de tierra baja se localiza el estado de Querétaro, a una distancia aproximada de 218 kilómetros de la Ciudad de México (distancia recorrida por el trazo de la autopista México-Querétaro).

El Sistema Meteorológico Nacional enlista en las Normales Climatológicas para el Estado de Querétaro que, en una superficie de 11,769 kilómetros, cuenta con 64 estaciones, de las cuales 28 se encuentran activas (2021) por la gran variedad de climas que alberga la localidad.

La capital del estado recibe el nombre de Santiago de Querétaro; en ella se localiza la Zona de Monumentos Históricos, el cual es considerado en 1996, Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. (unesco.org. 2021).

9.1.1 Clima y *Bioclima*

Santiago de Querétaro cuenta con 6 estaciones operando. Para el análisis climatológico de la localidad se utilizaron los datos registrados de 1951 a 2010, en la estación 00022063, Querétaro (DGE), misma que se localiza en una latitud de 20.57, una longitud de 100.37 y a una altura de 1872 msnm. Querétaro se clasifica en un Clima Seco extremoso, tipo Ganges (el más seco de los climas subhúmedos, con lluvias en verano), no hay canícula (periodo de temperaturas altas y sequía, se presenta en verano), y un Bioclima Templado Seco. (Fuentes y Figueroa, 1990).

9.1.1.1 Temperatura

fte	Querétaro, Qro.		1951-2010													
I	CLIMA		B s1hw (e)g												Seco extremo; tipo Ganges, no ha canícula	
J	BIOClima		TEMPERADO SECO												Modificar únicamente celdas con recuadro color marrón (al modificar datos tener cuidado de no alterar las fórmulas)	
A	LATITUD		20° 34'											20.57	decimal	B s1hw (e)g
A	LONGITUD		100° 22'											100.37	decimal	
A	ALTITUD		1,871	meters												

fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	minima	máxima	Oscilación anual
TEMPERATURAS																		
A	MÁXIMA EXTREMA	°C	35.2	33.0	33.4	37.0	36.8	36.2	32.5	34.2	31.0	32.4	29.7	28.8	37.0	28.8	37.0	8.2
A	MÁXIMA	°C	23.1	24.8	27.7	29.9	30.9	29.6	27.1	27.2	26.0	26.0	24.7	23.6	26.7	23.1	30.9	7.8
A	MEDIA	°C	15.3	16.6	19.0	21.3	22.8	22.3	20.7	20.7	19.8	18.7	16.9	15.6	19.1	15.3	22.8	7.5
A	MÍNIMA	°C	7.5	8.3	10.2	12.7	14.7	15.0	14.3	14.1	13.7	11.5	9.0	7.5	11.5	7.5	15.0	7.5
A	MÍNIMA EXTREMA	°C	5.3	5.6	8.2	10.1	11.9	13.4	13.1	12.5	12.3	9.1	6.7	4.5	4.5	4.5	13.4	8.9
E	OSCILACIÓN	°C	15.6	16.5	17.5	17.2	16.2	14.6	12.8	13.1	12.3	14.5	15.7	16.1	15.2	12.3	17.5	5.2

DÍAS GRADO																		
E	DÍAS GRADO GENERAL	dg	-83.7	-39.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-33.0	-74.4	-230.3	
E	DÍAS GRADO LOCAL	dg	-177.8	-124.1	-63.1	0.0	0.0	0.0	-10.4	-10.4	-37.0	-72.4	-124.0	-168.5	-787.5			
E	DG-enfriamiento	dg	0.0	0.0	13.3	24.0	28.9	19.4	4.5	5.3	0.0	0.8	0.0	0.0	96.2			
E	DG-calentamiento	dg	-166.1	-135.4	-115.2	-73.6	-57.9	-52.6	-68.6	-70.9	-77.4	-106.1	-137.4	-164.4	-1225.4			

Figura 143. Tabla de Temperaturas

Figura 144. Tabla de Días Grado

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Los valores anuales de la temperatura son: temperatura mínima de 7.5°C, media de 19.1 °C y máxima de 26.7, con una oscilación promedio de 15.2 °C. Se observa que existen dos periodos térmicos diarios, el de temperaturas mínimas (siempre fuera de la zona de confort térmico general) y el periodo caluroso de las temperaturas máximas que sobrepasan a lo largo de todo el año, la zona de bienestar térmico global.

9.1.1.2 Radiación Solar

fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
RADIACIÓN SOLAR															
C	RADIACIÓN MÁXIMA DIREC	W/m ²	521	550	560	530	543	490	527	404	496	492	497	459	506
E	RADIACIÓN MÁXIMA DIFUS	W/m ²	155	170	199	215	213	217	213	270	211	193	168	163	199
C	RADIACIÓN MÁXIMA TOTAL	W/m ²	680	720	759	745	756	707	740	674	707	685	665	622	705

Figura 145. Tabla de Radiación Solar en Querétaro.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La localidad presenta, en los promedios anuales, una radiación solar total de 705 watts hora por metro cuadrado, lo que indica que la radiación puede ser aprovechada para la climatización pasiva y como sistema de generación de energía, considerando que la radiación total media en la República Mexicana es de 5.3 kwh/m² por día. La radiación difusa anual es de 199 W/m² día y la máxima directa de 506 W/m² por día. (conagua.gob.mx)

9.1.1.3 Humedad

Íte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	minima	máxima	Oscilación anual
HUMEDAD																		
A	TEMP.BULBO HUMEDO	°C	10.5	11.5	13.4	14.7	16.7	16.8	16.1	15.7	15.4	14.4	12.4	10.7	14.0			
E2	H.R. MÁXIMA	%	75.0	74.2	73.4	65.9	73.2	77.1	82.0	78.3	82.9	84.5	81.7	74.0	76.9	65.9	84.5	18.5
A	H.R. MEDIA	%	54.0	53.0	52.0	47.0	53.0	57.0	62.0	59.0	63.0	62.0	59.0	53.0	56.2	47.0	63.0	16.0
E2	H.R. MINIMA	%	33.0	31.8	30.6	28.1	32.8	36.9	42.0	39.7	43.1	39.5	36.3	32.0	35.5	28.1	43.1	15.0
E	PRESIÓN DE VAPOR MEDIA	hPa	9.39	10.01	11.43	11.91	14.72	15.35	15.14	14.41	14.55	13.37	11.36	9.39	12.6			
A	EVAPORACIÓN	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
PRECIPITACIÓN																		
A	MEDIA (TOTAL)	mm	16.0	16.6	4.1	13.3	38.7	80.2	134.9	86.6	83.3	34.7	8.2	9.1	525.7	4.1	134.9	130.8
A	MÁXIMA	mm	93.8	160.9	16.9	70.3	115.0	222.9	254.9	199.4	220.8	85.2	28.5	32.3	254.9	16.9	254.9	238.0
A	MÁXIMA EN 24 HRS.	mm	22.7	47.4	15.4	34.9	60.0	88.9	62.9	80.0	85.9	38.6	22.3	22.1	88.9	15.4	88.9	73.5
A	MÁXIMA EN 1 HR.	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B	MÍNIMA	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ÍNDICE OMBROTÉRMICO 28																		
E	TEMP. EQUIVALENTE	coef.		-6	-5.7	-11.95	-7.35	5.35	26.1	53.45	29.3	27.65	3.35	-9.9	-9.45	7.9		
E	ÍNDICE DE ARIDEZ	coef.		-0.4	-0.3	-0.6	-0.3	0.2	1.2	2.6	1.4	1.4	0.2	-0.6	-0.6	0.3		
E	SECO/HUMEDO			S	S	S	S	S	H	H	H	H	S	S	S	S		

Figura 146. Tabla de Humedad, Precipitación e Índice ombrotérmico en Querétaro
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La estación de Querétaro (DGE) no cuenta con datos de humedad, ni de nubosidad; es por ello que los valores se estimaron con base en el gráfico sinusoidal a partir de las temperaturas. Esta estimación de humedad relativa (Estimación de datos BAT) se cotejó con los valores de la estación Aeropuerto en EPW y utilizados en el software, desarrollado en Performative Design por Andrew Marsh. (Marsh, 2021).

Se utilizó el Diagrama Psicrométrico para la obtención de los siguientes valores de humedad relativa.

Tabla de Humedad Relativa Máxima y mínima en Querétaro

Íte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
E2	H.R. MÁXIMA	%	91.8	84.1	90.1	73.4	78.6	94.5	89.2	93.7	98.5	98.2	93.0	95.8	90.1
AM	H.R. MINIMA	%	38.6	18.4	22.8	29.9	22.1	39.5	32.8	43.6	49.9	35.5	32.9	32.4	33.2

Figura 147. Tabla de humedades en Querétaro
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 148. Carta Psicrométrica para la obtención de Humedad Relativa en Querétaro
Autoría: Andrew Marsh (2021). <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html>

Figura 149. Gráfica del comportamiento anual de la Humedad Relativa en Querétaro
Autoría: Andrew Marsh (2021). <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html>

Los valores estimados de humedad media se encuentran sobre el rango de 50 a 63% a lo largo del año, con una media anual de 56.2%, mientras que la humedad relativa mínima se encuentra en el rango de 9 a 15 % en promedio, con una mínima anual de 12.6 %. La humedad máxima en su promedio anual es de 76.9%.

La humedad relativa está vinculada con el elemento hidrométrico de la precipitación pluvial. La clasificación de Bioclimas de Fuentes y Figueroa, se considera la precipitación pluvial total como un indicador del clima.

La precipitación total anual es de 525 mm con dos periodos: el periodo seco, que corresponde a los meses de octubre a mayo; y el de lluvias, en los meses de junio a septiembre. En relación al índice ombrotérmico el periodo de secas corresponde a 9 meses, de los cuales 4 son húmedos.

Fenómenos Especiales

A	LLUVIA APRECIABLE	días	2.8	2.2	1.2	2.3	6.4	8.7	12.1	8.9	8.2	4.7	1.9	1.8	61.2
A	DÍAS CON GRANIZO	días	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	16.0	15.0	14.0	15.0	14.0	16.0	199.0
A	DÍAS CON TORM. ELÉCTRICA	días	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.7	0.6	0.3	0.1	0.3	0.1	0.0	2.6
A	DÍAS CON NIEBLA	días	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	0.5	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	2.0

Figura 150. Tabla de Fenómenos Especiales en Querétaro

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La lluvia apreciable está presente en cada uno de los meses del año, con un valor anual de 199 días, siendo de los fenómenos especiales el de mayor magnitud. La tormenta eléctrica se presenta 26 días al año y 20 días del año presentaron niebla.

9.1.1.4 Viento

Figura 151. Diagrama de Rosa de los Vientos en Querétaro

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 152. Velocidad media por orientación en Querétaro

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 153. Porcentaje de Calmas en Querétaro

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

El viento dominante proviene del norte, manteniendo una constancia de frecuencia entre el 15 y el 20% en el rango NO, N y NE; mientras que el rango E, SE, S, SO y O se mantiene con una frecuencia de 4 a 10% en el comportamiento promedio anual.

9.1.1.5 Conclusiones

El clima en Santiago de Querétaro, en la estación Querétaro (DGE), es B s1hw (e)g según la clasificación climática de Köppen, adecuada a la República Mexicana por Enriqueta García (2004); correspondiendo a un clima Seco extremoso, tipo Ganges, no hay canícula.

El Bioclima de una localidad corresponde a un Templado Seco, según la clasificación por Bioclimas de Figueroa y Fuentes (1998).

9.1.2 Estrategias de Diseño Bioclimático

El análisis de la información climatológica, antes descrito, determina las estrategias y conceptos de diseño para la climatización, en búsqueda del bienestar de los usuarios.

9.1.2.1 Calentamiento/Enfriamiento

Figura 154. Gráfico de Temperaturas en Querétaro.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 155. Gráfico de Radiación Solar en Querétaro.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Las temperaturas mínimas se encuentran debajo de la zona de confort térmico durante todo el año, mientras que las temperaturas medias entran en la zona de confort en el periodo de primavera y verano. Es en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto, cuando las temperaturas máximas sobrepasan el límite superior de la zona de confort térmico.

En el gráfico de temperaturas se observa la amplitud de oscilación térmica con un promedio medio anual de 15.2 °C. La mayor amplitud corresponde a los periodos secos.

Figura 156. Datos horarios de temperatura en Querétaro.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Los valores horarios de temperatura muestran los requerimientos de calentamiento con un porcentaje anual de 59%, en un horario promedio de las 22 a las 11 horas; mientras que el estado de bienestar térmico es a partir de las 12 horas hasta las 21 horas a excepción de la primavera y el verano que se da un sobrecalentamiento desde las 14 hasta las 17 horas promedio, con requerimientos de enfriamiento correspondientes al 15 % anual.

La radiación máxima total se mantiene sobre el límite superior, a excepción de los meses de noviembre y diciembre, cuando desciende ligeramente. La radiación difusa se mantiene inferior al límite, mientras que la máxima directa se encuentra en el rango de los 500 a 700 W/m².

Figura 157. Tabla de Días grado de calentamiento y enfriamiento en Querétaro.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 158. Tabla de Índice ombrotérmico en Querétaro.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

En el gráfico de días grado se tiene un requerimiento de calentamiento total de 1225 DGC. El requerimiento de enfriamiento se aplica a los meses de primavera y verano con un valor anual de 96.2 DGE.

El índice ombrotérmico determina la relación entre la temperatura media y la precipitación pluvial con un periodo de lluvias de cuatro meses húmedos: junio, julio agosto y septiembre; siendo julio el de mayor precipitación pluvial. Los meses de primavera, otoño e invierno se clasifican como meses secos.

9.1.2.2 Humidificación/Deshumidificación

Figura 159. Gráfica de humedad relativa máxima y mínima en Querétaro

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 160. Gráfico de precipitación total y evaporación en Querétaro

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La humedad relativa media y mínima anual se mantiene dentro del rango de confort higrométrico del 30 al 70%. La temperatura máxima rebasa el límite superior del bienestar higrométrico con valores inferiores al 85%.

Figura 161. Tabla de Datos Horarios de Humedad Relativa en Querétaro, Estación Meteorológica: EDG.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Los valores horarios de humedad estimada (Querétaro EDG) indican que el 73% del valor anual se encuentra en confort higrométrico; el requerimiento de deshumidificación es del 25.3 % y el de humidificación corresponde a 1.4% del valor anual.

Figura 162. Tabla de Datos Horarios de Humedad Relativa en Querétaro, Estación Meteorológica: Aeropuerto.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

En relación a los valores horarios de humedad (Aeropuerto, Querétaro), el 54.29% está en confort higrométrico, mientras que la zona de bajo contenido de humedad es de 6.6% (los valores presentan mayor sequedad en la humedad relativa con respecto a la estación D.G.E, Querétaro) y las humedades con un rango mayor al 70% tienen un porcentaje del 39.2%.

Se considera la humedad de aeropuerto para la definición de estrategias bioclimáticas para la climatización, por ser la condición de mayor sequedad la que presenta un reto mayor, en la búsqueda de estrategias y conceptos de diseño para el confort higrométrico.

El efecto microclimático, de isla de calor, está presente en Querétaro con un incremento de temperatura y una disminución de humedad. (Godínez, A. y López, M., 2018).

En relación a la precipitación, se observa que los meses de noviembre a abril, ésta se mantiene inferior a los 20 mm y con valor inferior a 40 mm en los meses de mayo y octubre. Junio, agosto y septiembre se encuentran en el periodo de lluvias con un valor inferior a los 85 mm y menos de 140 mm para el mes de julio, el cual presenta la mayor precipitación pluvial.

La precipitación total anual de 525 mm es un indicador de la condición seca de la localidad, con un requerimiento de humidificación durante la tarde, cuando se presenta la humedad relativa mínima, en el mes de abril.

9.1.2.3 Inercia Térmica y Masividad

En Querétaro, el diferencial de temperatura entre el día y la noche tiene una gran amplitud, por ello, la estrategia principal en la localidad de Santiago de Querétaro es la Inercia Térmica y Masividad, con el objetivo de reducir la oscilación térmica de las temperaturas al interior de los locales.

Los materiales seleccionados deben almacenar la energía térmica durante el día y liberarla hacia los espacios habitables durante el periodo nocturno, en el funcionamiento mensual de las edificaciones.

En los periodos estacionales la estrategia de la masividad debe responder al calentamiento en invierno y al enfriamiento en verano, como se puede observar en los datos horarios y mensuales de temperatura.

Figura 163. Tabla de viento en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto en Querétaro
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

9.1.2.4 Ventilación

Al concluir que la principal estrategia de climatización para la localidad es la Inercia Térmica y la Masividad, la ventilación en el eje Noroeste, Norte y Noreste corresponde a las orientaciones dominantes de los meses calurosos, por lo que debe aplicarse en el periodo comprendido por los meses de marzo, abril, mayo,

junio, julio (valor alto de calmas) y agosto, en las horas de sobrecalentamiento (14 a las 17 horas). La renovación del aire es un requerimiento para la sanidad de los espacios interiores.

Figura 164. Diagrama de Carta Bioclimática por V. Olgyay para Querétaro.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 165. Diagrama Psicrométrico por S. Szokolay para Querétaro

Autoría: Andrew Marsh (2021). <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html>

La carta bioclimática indica un requerimiento de calentamiento durante las primeras horas del día con un valor máximo de 75 W en el mes de enero y un mínimo de 20 W en el mes de mayo. El requerimiento durante las 14 horas es de enfriamiento a través de humidificación, con un requerimiento máximo en mayo de E: 1.45 m³/s; y en abril un requerimiento de 3m/segundo de ventilación; de mayo a octubre requiere una ventilación en el rango de 0.5 a 1.0 m/segundo, velocidad permisible al interior de los locales.

El diagrama psicrométrico indica el requerimiento de calentamiento con ganancia solar (ligera a media del 25 al 50% de eficiencia) a partir de la salida del sol, y enfriamiento durante la tarde, dentro de las estrategias de masa térmica, enfriamiento evaporativo y ventilación diurna, con un valor máximo de 1m/segundo.

Parámetros	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura media	15.2	16.4	18.1	20.5	22.1	21.6	20.1	20.0	19.3	18.1	16.7	15.4
Radiación s/p horizontal	5,814	6,668	7,590	8,349	8,681	8,752	8,702	8,473	7,886	6,986	6,057	5,608
Precipitación total	16.0	16.6	4.1	13.3	38.7	80.2	134.9	86.6	83.3	34.7	8.2	9.1
Índice ombrotérmico	-0.5	-0.5	-0.9	-0.7	-0.1	0.9	2.4	1.2	1.2	0.0	-0.8	-0.7
Humedad relativa media	65.6	51.7	59.6	53.7	63.9	69.5	63.6	71.0	76.5	69.8	63.4	64.6
Humedad absoluta media	8.4	6.7	8.7	9.6	11.9	13.5	11.1	12.6	13.0	10.6	8.8	8.2
Índice termohigró	11.79	11.55	13.43	15.06	17.00	17.55	15.60	16.32	16.16	14.36	12.76	11.81
Clasificación												
Temperatura	T	T	T	C	C	C	C	C	T	T	T	T
Radiación	M	M	I	I	I	I	I	I	I	M	M	M
Índice Ombrotérmico	D	D	D	D	D	LL	LL	LL	LL	D	D	D
Humedad	SH	SH	SH	SH	SH	SH	SH	H	H	SH	SH	SH
Contenido de vapor	M-	M-	M-	M-	M+	M+	M+	M+	M+	M+	M-	M-
Índice Termohigró	B	B	M	M	A	A	A	A	A	M	B	B
Clima estacional	B	B	B	A	A	A	A	A	A	B	B	B

Figura 166. Tabla de Análisis del Clima en Querétaro.
Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

El resumen del clima indica dos condiciones climáticas en Querétaro. El primero corresponde a un clima cálido en los meses de abril a septiembre (50% valor anual), la segunda temporada corresponde a un templado subhúmedo para los meses de enero, febrero, marzo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (el restante 50%). Es por ello, que puede haber dualidades en la definición de las estrategias de diseño bioclimático.

Figura 167. Triángulos de Evans
Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 168. Predicción del Voto medio (PVM) y personas satisfechas e insatisfechas (PPD). Fanger en Querétaro
Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

En los triángulos de Evans se observan los requerimientos de (I+G) Inercia térmica más ganancias solares para los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero febrero y marzo.

En el Voto Predictivo de Fanger indica la sensación de ligeramente caluroso en los meses de julio, agosto septiembre, octubre y febrero; y caluroso los meses de marzo, abril, mayo y junio; mientras que la sensación de frío ligero se da en enero, teniendo también frío en abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre; y muy frío para los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

Cuestionario de Mahoney												
(Koenigsberger, Mahoney and Evans, 1971)												
Diagnóstico climático												
Tipo de clima		Templado Sub Húmedo										
Diagnóstico bioclimático												
Diurno	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Nocturno	F	F	C	C	C	C	C	C	C	F	F	F
Estrategias recomendadas												
Ventilación esencial	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ventilación deseable			1	1	1	1	1	1	1			
Protección contra la lluvia												
Inercia Térmica		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
Espacios de uso nocturno al exterior												
Protección contra el frío												
Claves												
F	Ambiente frío											
C	Ambiente cálido											
	Ambiente confort											
Temporalidad												
	7 meses											
	10 meses											

Figura 169. Cuestionario de Mahoney en Querétaro
Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

El Cuestionario de Mahoney determina un ambiente caluroso diurno de marzo a septiembre con requerimientos de enfriamiento, con el uso de ventilación esencial y un ambiente frío de septiembre a marzo en el periodo nocturno, con la propuesta de inercia térmica aplicable durante diez meses del año a partir de octubre a julio.

9.1.3 Conclusiones del Diagnóstico Bioclimático

La estrategia básica de climatización en Santiago de Querétaro es el calentamiento (59%) solar directo, durante las mañanas a partir de la salida del sol hasta las 11 horas y calentamiento solar indirecto que permita a través de la masa térmica el almacenamiento de energía térmica para transmitirla al interior de los espacios arquitectónicos en las horas frías de la noche, de las 22 hasta las 11 horas.

Enfriamiento (15%) de marzo a agosto a partir de las 14 hasta las 17 horas en promedio, utilizando la estrategia de ventilación o humidificación (6.6%) en los meses de febrero, marzo, abril y mayo.

La reducción de las oscilaciones térmicas a través de la masa térmica reduce los requerimientos de calentamiento y enfriamiento, estabilizando el comportamiento térmico al interior.

Configuración ligeramente alargada de la planta en un eje largo oriente (ganancia directa), poniente (ganancia indirecta).

Ventana del 20 al 30% de la superficie de la fachada, con dispositivos de control solar en las horas de sobrecalentamiento y con un sistema de aislamiento para evitar pérdidas por convección durante la noche.

Elementos masivos en pisos, muros y cubiertas, con un retardo térmico (materiales de muros hacia el poniente) mínimo de 8 horas, que aporte estabilidad térmica al interior de los espacios habitables.

Figura 170. Fotografía satelital de la Capital del Estado de Oaxaca. (google.com, 2021)

9.2 Análisis climático de Oaxaca de Juárez

A una distancia de 462 km desde la Ciudad de México, se localiza el estado de Oaxaca, hacia el suroeste del territorio, con presencia de valles y montañas, así como en colindancia con el Océano Pacífico; lo cual aporta una diversidad climática, determinada por las ocho regiones que componen el territorio: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, la Sierra Sur, la Sierra Norte y las regiones entre montañas que conforman los Valles Centrales.

9.2.1 Clima y Bioclima

La ubicación geográfica de Oaxaca es a una latitud al norte del estado es de $18^{\circ} 39'$ y al sur $15^{\circ} 39'$. La longitud al este es de $93^{\circ} 52'$ y al oeste de $98^{\circ} 32'$. La topografía varía en la localidad por las montañas y serranías, los valles y el punto bajo en colindancia con el Océano Pacífico; lo que genera una diversidad climática, por lo que Oaxaca cuenta con 223 unidades climatológicas, registradas en el Servicio Meteorológico Nacional. La estación considerada par el análisis climatológico es la No. 00020329, Fortín, con una latitud de 17.11, una longitud de -96.5^a y una altitud de 2,301 msnm. Se consideraron los valores de las Normales Climatológicas en el periodo 1951-2010; es la estación considerada en el análisis climatológico por localizarse al Noreste del Municipio de Oaxaca de Juárez, en donde se localiza el Ex convento de Santo Domingo (hoy Museo de las Culturas de Oaxaca).

9.2.1.1 Temperatura

Oaxaca, Oax.		1951-2010												Semialído; poca oscilación, no es tipo Ganges, canícula				
I	CLIMA		(A) C FALSO S(X)(I)*															
J	BIOCLIMA		TEMPERADO															
A	LATITUD		17° 07'															
A	LONGITUD		-96° 42'															
A	ALTITUD		1,558 msnm															

fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	mínima	máxima	Oscilación anual
TEMPERATURAS																		
A	MÁXIMA EXTREMA	°C	33.0	38.0	39.0	39.0	39.0	38.0	39.0	39.0	38.0	35.0	32.0	32.0	39.0	32.0	39.0	7.0
A	MÁXIMA	°C	26.8	28.9	30.8	31.8	31.3	29.0	28.5	28.5	27.6	27.6	27.3	26.4	28.7	26.4	31.8	5.4
A	MEDIA	°C	18.0	20.4	21.8	23.2	23.3	22.2	21.7	21.8	21.3	21.0	19.6	18.5	21.1	18.0	23.3	5.3
A	MÍNIMA	°C	9.3	12.0	12.9	14.6	15.3	15.5	15.0	15.1	15.0	14.5	11.8	10.6	13.5	9.3	15.5	6.2
A	MÍNIMA EXTREMA	°C	0.0	3.0	3.0	9.0	9.0	9.0	7.0	10.0	10.0	7.0	5.0	2.0	0.0	0.0	10.0	10.0
E	OSCILACION	°C	17.5	16.9	17.9	17.2	16.0	13.5	13.5	13.4	12.6	13.1	15.5	15.8	16.2	12.6	17.9	5.3

fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
DÍAS GRADO															
E	DÍAS GRADO GENERAL	dg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E	DÍAS GRADO LOCAL	dg	-112.6	-34.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.9	-19.6	-60.9	-97.1
E	DG-enfriamiento	dg	8.7	17.3	30.6	33.8	30.8	15.1	13.0	12.7	6.7	7.7	8.4	4.4	189.2
E	DG-calentamiento	dg	-129.0	-79.6	-69.5	-57.7	-54.4	-48.6	-54.1	-53.3	-56.3	-63.8	-94.7	-115.5	-876.5

Figura 171. Tabla de Temperatura y Días Grado de calentamiento y de enfriamiento de Oaxaca.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 172. Tabla de Temperaturas y tabla de Días Grado
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Respecto a las temperaturas anuales, la máxima promedio es de 28.7 °C, mientras que la temperatura media es de 21.1°C y la mínima de 13.5°C, con una oscilación de 15.2 °C.

Se observa un periodo con requerimientos de calentamiento de septiembre a febrero con un requerimiento de 334.5 Días Grado Local de Calentamiento, mientras que a nivel Días Grado General se mantiene en confort térmico.

Al tener una amplia oscilación térmica se presentan 189.2 Días grado de Enfriamiento y 876.5 Días Grado de Calentamiento.

9.2.1.2 Humedad Relativa

fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	mínima	máxima	Oscilación anual
HUMEDAD																		
A	TEMP.BULBO HUMEDO	°C	12.1	13.0	13.8	15.6	16.3	16.6	16.2	16.1	17.0	15.7	14.1	12.8	12.8			
E2	H.R. MÁXIMA	%	77	80	79	82	85	89	89	89	90	89	81	80	84.2	77.0	90.0	13.0
A	H.R. MEDIA	%	56	57	56	59	62	67	66	67	68	67	59	58	61.8	55.5	68.0	12.5
E2	H.R. MÍNIMA	%	32	34	33	35	38	45	44	44	47	45	37	36	39.2	32.0	47.0	15.0
E	PRESIÓN DE VAPOR MEDIA	hPa	8.48	8.49	8.52	9.81	11.93	14.20	14.42	14.51	14.45	12.48	10.57	9.21	11.4			
A	EVAPORACIÓN	mm	121	140.8	190.6	183.1	175.5	138.9	151.2	134.1	126	139.3	119.7	113.2	1,733.4			
PRECIPITACIÓN																		
A	MEDIA (TOTAL)	mm	7.6	7.0	8.9	22.5	66.5	140.0	189.5	171.2	139.8	72.4	12.6	8.2	846.2	7.0	189.5	182.5
A	MÁXIMA	mm	26.7	46.3	39.2	63.4	127.0	309.4	320.7	311.1	317.1	194.2	64.0	46.8	320.7	26.7	320.7	294.0
A	MÁXIMA EN 24 HRS.	mm	19.3	20.0	30.1	60.0	77.7	60.8	53.0	59.8	63.4	77.0	24.7	38.0	77.7	19.3	77.7	58.4
A	MÁXIMA EN 1 HR.	mm	9.7	5.0	5.5	4.2	13.8	25.5	17.6	33.1	21.0	32.9	12.3	7.8	33.1	4.2	33.1	28.9
fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL			

A	DÍAS DESPEJADOS	días	5.9	7.0	7.0	6.0	5.3	4.5	4.6	3.8	3.8	4.5	4.6	5.0	62.0
A	MEDIO NUBLADOS	días	21.6	17.7	20.3	18.1	13.9	6.0	8.8	10.6	6.1	14.2	19.7	21.3	178.3
A	DÍAS NUBLADOS	días	3.5	3.3	3.6	5.9	11.8	19.5	17.6	16.7	20.1	12.3	5.6	4.7	124.6
ÍNDICE OMBROTÉRMICO 28															
E	TEMP. EQUIVALENTE	coef.	-10.2	-10.5	-9.55	-2.75	19.25	56	80.75	71.6	55.9	22.2	-7.7	-9.9	21.3
E	ÍNDICE DE ARIDEZ	coef.	-0.6	-0.5	-0.4	-0.1	0.8	2.5	3.7	3.3	2.6	1.1	-0.4	-0.5	1.0
E	SECO/HÚMEDO		S	S	S	S	S	H	H	H	H	H	S	S	S

Figura 173. Tabla de Elementos Climatológicos: humedad, precipitación, nubosidad e índice ombrotérmico en Oaxaca.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La humedad relativa media se mantiene dentro del rango de confort, siendo en su promedio anual de 61.8%. La humedad relativa mínima en su promedio anual es de 39.2% y la máxima anual de 84.2%.

Con respecto a la precipitación, se observan dos periodos, el que presenta baja precipitación de noviembre a mayo, con precipitaciones de mayor magnitud de junio a octubre generando un periodo húmedo. La precipitación total anual es de 846.2 milímetros.

La precipitación es directamente proporcional a la nubosidad, con valores de 62 días despejados al año, 178.3 días medio nublados y 124.6 días nublados o cerrados. Los meses con valores mayores al 30% de días nublados son Mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

Radiación Solar

fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
RADIACIÓN SOLAR															
C	RADIACIÓN MÁXIMA DIREC	W/m ²	557.0	646.0	599.0	498.0	547.0	465.0	534.0	513.0	459.0	497.0	534.0	495.0	528.7
E	RADIACIÓN MÁXIMA DIFUS	W/m ²	163.0	166.0	198.0	222.0	214.0	220.0	211.0	218.0	221.0	200.0	172.0	167.0	197.7
C	RADIACIÓN MÁXIMA TOTAL	W/m ²	720.0	812.0	797.0	720.0	761.0	685.0	745.0	731.0	680.0	697.0	706.0	662.0	726.3
A	INSOLACIÓN TOTAL	hr	177.0	142.0	197.0	176.0	172.0	166.0	166.0	158.0	185.0	193.0	196.0	177.0	2,105.0

Figura 174. Tabla de Radiación Solar en Oaxaca

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La radiación solar anual máxima total es de 726.3 W/m² día, valor mayor al promedio anual de la radiación promedio máxima total de la República Mexicana de 5300 W/m² al día.

9.2.1.4 Fenómenos especiales

fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
FENOMENOS ESPECIALES															
A	LLUVIA APRECIABLE	días	1.4	2.3	2.9	6.0	8.9	14.4	15.2	16.1	15.1	7.6	2.5	2.0	94.4
A	DÍAS CON GRANIZO	días	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
A	DÍAS CON HELADAS	días	0.8	0.5	0.4	0.4	0.5	0.8	1.5	0.4	0.2	0.2	0.1	1.8	7.6
A	DÍAS CON TORM. ELÉCTRIC	días	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	1.6
A	DÍAS CON NIEBLA	días	1.3	1.3	0.8	1.1	0.8	4.7	3.9	5.2	7.6	3.7	1.1	2.7	34.2

Figura 175. Tabla de Fenómenos Especiales en Oaxaca
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Los valores de fenómenos especiales dominantes son la lluvia apreciable con presencia anual de 94.4 días, lo que corresponde al 25.8%. Se presentaron 7.6 días con heladas al año (2% del valor anual) y 34.2 días con niebla, esto es 9.3% al año.

9.2.1.5 Viento

fte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
VIENTO															
D	DIRECCIÓN DOMINANTE		S	S	S	S	S	S	S	E	E	S	W	S	S
D	CALMAS	%	7.8	5.1	5.0	4.2	7.1	10.5	8.5	8.9	8.7	5.7	6.7	7.4	7.1
D	VELOCIDAD MEDIA	m/s	2.6	2.4	2.7	2.6	2.4	2.6	2.3	2.3	2.7	2.8	2.7	2.4	2.5
D	VELOCIDAD MÁXIMA	m/s	3.4	3.2	3.4	3.4	2.9	4.5	2.7	3.0	3.2	4.0	4.0	3.2	4.5

Figura 176. Tabla de viento en Oaxaca
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

El viento dominante proviene del Sur, con una velocidad media de 2.5 metros/segundos, y una velocidad máxima anual de 4.5 metros/segundo. El viento proveniente de la dirección Este, tiene una velocidad media de 2.3 metros/segundo; mientras que el proveniente del Poniente tiene una velocidad media de 2.8 metros/segundo. La máxima velocidad es del viento proveniente del sur y del poniente con 4 metros/segundo.

Rosa de los Vientos

Figuras 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187 y 188. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos
 Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

9.2.1.6 Conclusión

El clima en Oaxaca de Juárez tiene una clasificación climática según Köppen adecuada por E. García de: (A) C FALSO S(X')(I') que corresponde a un clima Semicálido, con poca oscilación, no Ganges, canícula.

La clasificación por Bioclimas para la República Mexicana según Fuentes/Figueroa es de: Templado, con una temperatura media del mes más cálido (mayo) de 23.3 °C y una precipitación total anual de 846.2 milímetros, con una oscilación media de 15.5 unidades en forma anual.

9.2.2 Estrategias de Diseño Bioclimático para la Climatización

Para la climatización pasiva, se analizan los datos del clima y se determinan los requerimientos humanos, con base en las zonas de bienestar humano térmica, higrométrica; del comportamiento de la envolvente arquitectónica en relación a la temperatura y la humedad ambiente, así como de las percepciones térmicas con respecto al efecto del viento sobre el cuerpo humano.

Así en el clima Semicálido de Oaxaca, con un bioclima templado las estrategias bioclimáticas de climatización son las siguientes:

9.2.2.1 Calentamiento

La temperatura mínima promedio a lo largo de todos los meses del año, se mantiene por debajo del límite inferior de la zona de confort térmico, lo que determina un requerimiento de calentamiento por las mañanas. Este requerimiento de calentamiento es mayor en la estación de invierno y se mantiene el requerimiento sobre valores equivalentes en el periodo de verano, como consecuencia del incremento de humedad en el ambiente.

9.2.2.2 Enfriamiento

Las temperaturas máximas mensuales, se mantienen arriba del límite superior de la zona de confort con requerimientos de enfriamiento unas horas después de que el sol se encuentre en el cenit, durante la tarde, incrementando esto requerimientos de enfriamiento en los meses de la primavera, que corresponden al periodo en el que las barras superan la línea del confort, marcada en amarillo en la tabla de temperaturas.

Figura 189. Gráfico de Temperaturas máximas y mínimas en Oaxaca
 Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 190. Gráfico de Humedad máxima y mínima en Oaxaca
 Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

9.2.2.3 Humidificación

La Humidificación no es un requerimiento higrométrico al interior de los espacios habitables ya que el comportamiento de la humedad relativa, indica en el horario matutino, al exterior, la humedad relativa está dentro de la zona de confort higrométrico.

9.2.2.4 Deshumidificación

Durante las horas de la tarde la humedad sobrepasa la línea superior de la zona de bienestar por humedad en los meses de verano, cuando la precipitación pluvial está presente en la localidad, tal y como se observa en la Tabla de Humedades.

9.2.2.5 Inercia Térmica y Masividad

En esta estrategia, la oscilación térmica es un indicador del requerimiento de estabilizar al interior las variaciones de temperatura en el interior de la edificación, bajo el principio de la utilización de la masa térmica.

La oscilación térmica en noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo es mayor a 15 unidades, lo que establece un rango de amplitud de temperatura entre la mínima (mañana) y la máxima (tarde), que puede aportar la energía térmica

en las horas de ausencia de radiación solar y con ello disminuir los requerimientos nocturnos de calentamiento.

Figura 191. Gráfico de Radiación Solar máxima en Oaxaca
 Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 192. Gráfico de Días Grado en Oaxaca
 Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La tabla de radiación solar indica que la radiación máxima total se encuentra arriba del límite superior de la zona que permite el aprovechamiento de la radiación para climatización y funcionamiento de sistemas de transferencia de energía (tecnologías ambientales) en primavera, verano y parte del otoño. Si comparamos estos valores con los requerimientos de calentamiento (barras moradas), se observa la necesidad de utilizar la masa como elemento de almacenamiento de la energía durante el día cuando hay requerimientos de enfriamiento, por el aporte de la radiación y la temperatura ambiente, entonces se define que la inercia térmica (día) y la masividad (noche) es la estrategia para regular los requerimientos de calentamiento y enfriamiento a través de la piel de las edificaciones, la orientación y la relación de los vanos y los muros ciegos.

9.2.2.6 Ventilación

El viento es un elemento del clima sensible a las presiones, volúmenes perimetrales y elementos vegetales que forman el contorno urbano. Como se observa en el gráfico de viento, en Oaxaca las velocidades exteriores, rebasan el rango permisible de velocidad interior de 1.5 metros/segundo.

La sensación térmica según el gráfico indica que en enero se percibe una temperatura baja por efecto del viento; mientras que a lo largo de los meses restantes la sensación térmica es de calentamiento.

Figura 193. Gráfico de Velocidad de Viento en Oaxaca
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 194. Gráfico de Sensaciones Térmicas en Oaxaca
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

9.2.2.7 Datos Horarios de Temperatura y Humedad Relativa

Los requerimientos para climatización se analizan en los valores horarios de la temperatura media, con la presencia de temperaturas bajas que requieren de calentamiento a partir de las 21 horas en invierno y de las 24 horas en primavera hasta las 10 de la mañana en promedio.

Un periodo de transición corresponde al confort térmico, en promedio con dos horas durante la mañana para entrar en una zona de sobrecalentamiento de las 13 a 18 horas en promedio, extendiéndose hasta las 20 horas en primavera (abril y mayo); nuevamente una zona de confort de cuatro horas promedio y nuevamente una transición térmica.

Figura 195. Tabla y gráfico de Datos Horarios de Temperatura con simbología de color en relación al confort térmico.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Los datos horarios de Humedad Relativa indican un amplio rango de bienestar higrométrico anual del 62.2%, a partir de las 10 horas en promedio hasta la 1 de la mañana en promedio, y una zona de contenido alto de humedad sobre el rango anual de 37.8%, como se observa en el gráfico.

Figura 196. Tabla y gráfico de Datos Horarios de Temperatura con simbología de color en base al confort higrtermico
 Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Los requerimientos de Calentamiento indicados por la zona índigo, son del 52.1%. Las temperaturas que se encuentran en zona de confort a lo largo del año corresponden a un 21.7 % y los requerimientos de enfriamiento indicados en color amarillo nos marcan un 26.3% en rango anual.

9.2.2.8 Carta Bioclimática y Diagrama Psicrométrico

Figura 197. Diagrama de Carta Bioclimática por V. Olgyay para Oaxaca.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 198. Diagrama Psicrométrico por S. Szokolay para Oaxaca.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

La Carta Bioclimática indica el requerimiento de calentamiento máximo es de 70 watts y corresponde al mes de enero, en el cuál la radiación solar máxima directa es de 5470W, por lo que los requerimientos de calentamiento pueden satisfacerse por medios pasivos.

Para mitigar el sobrecalentamiento se requiere de una velocidad de viento máxima de 2 m/segundo o humidificar 1.430 cm³ de agua por Kg de aire.

En el Diagrama Psicrométrico la estrategia de climatización es calentamiento pasivo por las mañanas y por las tardes la masividad es el mecanismo para reducir las oscilaciones térmicas.

9.2.2.9 Triángulos de Confort y Gráfico de Predicción del Voto Medio

Figura 199. Triángulos de Confort de M. Evans para Oaxaca.
Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 200. Predicción del Voto medio (PVM) y personas insatisfechas (PPD) de Fanger en Oaxaca.
Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

En los Triángulos de Confort de M. Evans, en los que se relacionan las variables de temperatura y oscilación térmica, para definir la posición de los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, en la estrategia de inercia térmica y ganancias solares, para alcanzar el bienestar térmico.

9.2.2.10 Cuestionario de Mahoney

Figura 2011. Tabla de Cuestionario de Mahoney
 Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

9.2.3 Conclusiones del Diagnóstico Bioclimático

151

Esta estrategia se puede complementar con la estrategia de humidificación, a través de fuentes y ambientes tratados con vegetación, para aportar la sensación térmica de frescura en el horario anteriormente mencionado, a lo largo de todo el año.

La estrategia básica de masividad e inercia térmica, es aplicable para regular las oscilaciones térmicas.

El esquema de patio central compacto con una configuración concéntrica permite regular las condiciones de asoleamiento, ventilación y humedad, así como crear espacios habitables en el exterior.

Los edificios deben contar con sistemas de protección solar para evitar ganancias solares directas a partir de las 11 horas hasta el ocaso, evitando con ello el incremento de temperatura al interior de los locales. Una relación del 10 al 20% de la superficie del muro es la proporción correcta para las ventanas, siempre considerando el sistema de control por secciones, adecuado a los requerimientos de confort selectivo por habitante.

Figura 202. Fotografía satelital de la Capital del Estado de Tepotzotlán, en el Estado de México. (google.com, 2021)

9.3 Análisis climático de Tepotzotlán en el Estado de México

A una distancia de 38.5 kilómetros desde el Centro Histórico de la Ciudad de México, en el Estado de México, se localiza el Municipio de Tepotzotlán, con un clima Semifrío Seco, correspondiente a la región de la Cabecera Municipal, dividida por tres barrios antiguos: San Martín, Tlacateco y Texcaco. En este último se localiza la estación climatológica de la Represa el Alemán, en la intersección del Río Hondo de Tepotzotlán con el Río Chiquito del mismo nombre.

9.3.1 Clima y Bioclima

La clave de la estación meteorológica en el Sistema Meteorológico Nacional, Normales climatológicas para la Represa El Alemán es: 00015081, con una localización geográficamente con las siguientes coordenadas: latitud de 19.40, longitud de 99.22 y en una altitud de 2,365 msnm. El periodo de análisis corresponde a los valores climatológicos de 1951 al 2010.

9.3.1.1 Temperatura ambiente

TEMPERATURAS																	
MÁXIMA EXTREMA	°C	29.0	30.0	32.0	33.0	36.0	34.0	40.0	30.0	30.0	28.0	31.0	28.0	40.0	28.0	40.0	12.0
MÁXIMA	°C	21.5	23.1	25.2	26.3	26.3	25.0	23.6	23.6	23.0	22.4	22.4	21.6	23.7	21.5	26.3	4.8
MEDIA	°C	11.9	13.1	15.2	16.7	17.7	17.8	17.1	17.0	16.7	15.3	13.6	12.2	15.4	11.9	17.8	5.9
MINIMA	°C	2.3	3.1	5.2	7.2	9.0	10.6	10.5	10.4	10.5	8.2	4.8	2.8	7.1	2.3	10.6	8.3
MINIMA EXTREMA	°C	-2.4	-2.2	1.3	4.1	6.5	4.8	5.7	6.1	5.9	3.6	-1.6	-2.3	-2.4	-2.4	6.5	8.9
OSCILACION	°C	19.2	20.0	20.0	19.1	17.3	14.4	13.1	13.2	12.5	14.2	17.6	18.8	16.6	12.5	20.0	7.5

DÍAS GRADO																	
DÍAS GRADO GENERAL	dg	-189.1	-137.2	-86.8	-39.0	-9.3	-6.0	-27.9	-31.0	-39.0	-83.7	-132.0	-179.8	-960.8			
DÍAS GRADO LOCAL	dg	-246.8	-189.3	-144.5	-94.8	-67.0	-61.8	-85.6	-88.7	-94.8	-141.4	-187.8	-237.5	-1,640.1			
DG-enfriamiento	dg	0.0	0.0	3.0	7.7	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2			
DG-calentamiento	dg	-234.6	-197.3	-184.7	-151.0	-135.3	-117.4	-128.7	-129.5	-126.2	-160.6	-194.6	-228.2	-1988.2			

Figura 203. Tabla de Temperaturas en Tepotzotlán

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 204. Tabla de Días Grado de calentamiento y enfriamiento en Tepotzotlán

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

En primavera, la temperatura mínima tiene en promedio 7.3 °C; la media es de 16.53°C y la máxima de 25.93 °C; lo que determina el periodo de temperaturas bajas en la mañana a la salida del sol y temperaturas altas entre las 14 y 15 horas. Es en este periodo que se presenta un requerimiento de 16.2 DGE (días grado de enfriamiento total).

En el verano la temperatura mínima promedio es de 10.5 °C, la media de 17.3 °C y la máxima de 24 °C; en general se observa un incremento en los promedios de las tres temperaturas lo que determina el periodo de mayor magnitud a lo largo del análisis estacional.

En otoño, la temperatura mínima promedio es de 6.2°C, la media tiene un valor de 15.2 y la máxima de 22.6.

El invierno muestra una temperatura mínima promedio de 2.7°C, la media es de 12.4 y la máxima es de 22 °C, lo que marca el periodo estacional de menores temperaturas en el año.

En primavera, verano, otoño e invierno se tiene un requerimiento de calentamiento durante las mañanas (temperatura mínima) de 1988.2 DGC en forma anual (días grado de calentamiento).

Oscilación térmica La mayor amplitud de oscilación corresponde a los meses de febrero y marzo con 20°C y la de menor oscilación se presenta en septiembre con 12.5 unidades.

9.3.1.2 Humedad Relativa

no	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	minima	máxima
HUMEDAD																	
A	TEMP.BULBO HUMEDO	°C	7.4	8.2	9.8	11.1	12.2	12.9	12.7	12.6	12.4	10.9	8.9	7.9	10.6		
E2	H.R. MÁXIMA	%	83.0	80.0	75.0	75.0	77.0	82.0	84.0	84.0	85.0	83.0	80.0	82.0	80.8	75.0	85.0
A	H.R. MEDIA	%	57.0	54.0	51.0	52.0	55.0	60.0	63.0	63.0	64.0	60.0	56.0	57.0	57.7	51.0	64.0
E2	H.R. MINIMA	%	31.0	28.0	27.0	28.0	32.0	39.0	42.0	41.0	43.0	38.0	32.0	31.0	34.3	27.0	43.0
E	PRESIÓN DE VAPOR MEDIA	hPa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
A	EVAPORACIÓN	mm	98.6	115.3	159.4	153.3	150.8	129.6	118.9	115.8	107.2	99.4	93.4	89.9	1,431.6		

Figura 205. Tabla de Humedad Relativa en Tepotzotlán

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La primavera presenta el periodo de menor humedad relativa mínima, media y máxima.

El verano es el periodo con la mayor humedad relativa mínima, media y máxima.

El otoño y el invierno mantienen valores promedio de humedad mínima, media y máxima a excepción del mes de febrero, en el que la humedad mínima desciende.

El comportamiento de la humedad relativa y la precipitación pluvial están estrechamente relacionadas.

9.3.1.3 Precipitación

It	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	minima	máxima
PRECIPITACIÓN																	
MEDIA (TOTAL)	mm		8.4	7.6	14.6	27.0	54.6	116.9	131.7	111.6	104.3	53.9	10.9	5.6	647.1	5.6	131.7
MÁXIMA	mm		36.2	79.6	62.7	83.5	115.7	230.0	267.3	208.3	282.0	172.8	75.2	46.3	282.0	36.2	282.0
MÁXIMA EN 24 HRS.	mm		17.8	26.1	27.5	37.0	43.5	76.5	55.0	46.0	60.0	52.8	27.1	24.7	76.5	17.8	76.5
MÁXIMA EN 1 HR.	mm		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MÍNIMA	mm		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ÍNDICE OMBROTÉRMICO																	
TEMP. EQUIVALENTE	coef.		-9.8	-10.2	-6.7	-0.5	13.3	44.45	51.85	41.8	38.15	12.95	-8.55	-11.2	13.0		
ÍNDICE DE ARIDEZ	coef.		-0.8	-0.8	-0.4	0.0	0.8	2.5	3.0	2.5	2.3	0.8	-0.6	-0.9	0.7		
SECO/HÚMEDO			S	S	S	S	S	H	H	H	H	S	S	S	S		

Figura 206. Tabla de Precipitación Pluvial en Tepotzotlán
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 207. Tabla de Índice Ombrotérmico
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Es en verano cuando se presentan las precipitaciones pluviales altas, con un total de 360 mm, lo cual genera un ambiente húmedo, como lo indica el índice ombrotérmico; mientras que el periodo de menor precipitación pluvial corresponde a invierno y los dos primeros meses de la primavera, con valores inferiores a 11 mm de precipitación mensual, clasificando a los meses de octubre a mayo con un ambiente seco, determinado por el índice de aridez.

El valor promedio de la precipitación pluvial total a lo largo del año es de 647.1 mm, con una máxima de 282mm y una mínima de 76.5 en un día.

9.3.1.4 Radiación Solar

Íte	PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
RADIACIÓN SOLAR															
	RADIACIÓN MÁXIMA DIREC	W/m ²	1890.0	1770.0	1850.0	2020.0	2320.0	2580.0	2260.0	2140.0	2090.0	1890.0	1760.0	1740.0	2,025.8
	RADIACIÓN MÁXIMA DIFUS	W/m ²	6870.0	7510.0	7740.0	7170.0	7180.0	6640.0	6170.0	6360.0	6370.0	6280.0	6410.0	5710.0	6,700.8
	RADIACIÓN MÁXIMA TOTAL	W/m²	4980.0	5740.0	5890.0	5150.0	4860.0	4060.0	3910.0	4220.0	4280.0	4390.0	4650.0	3970.0	4,675.0
	INSOLACIÓN TOTAL	hr	240.0	234.0	268.0	232.0	225.0	183.0	176.0	176.0	157.0	194.0	232.0	236.0	2,553.0

Figura 208. Tabla de Radiación Solar en Tepetzotlán

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

9.3.1.5 Nubosidad

DÍAS DESPEJADOS	días	19.2	20.4	22.0	16.8	12.2	8.0	4.6	5.6	5.7	9.7	17.7	24.4	166.3
MEDIO NUBLADOS	días	8.4	5.6	6.6	8.3	13.4	12.5	17.6	15.3	12.6	13.5	9.3	4.8	127.9
DÍAS NUBLADOS	días	3.4	2.2	2.4	4.9	5.4	8.4	8.8	10.1	12.0	8.7	3.6	1.8	71.7

Figura 209. Tabla de Nubosidad en Tepetzotlán

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La radiación solar total (sumatoria de la radiación directa y la radiación difusa) anual en Tepetzotlán es de 4675 W/m². La República Mexicana cuenta con una radiación de 5300 W/m² día (CONAGUA), lo que determina que la localidad cuenta con 87% de la radiación promedio con que cuenta nuestro país.

La precipitación tiene una relación con la nubosidad; los periodos con días nublados o cerrados presentan una disminución en la radiación solar directa, sin embargo, ésta se ve incrementada en los registros porque en este periodo se presentan los días con mayor cantidad de horas de radiación solar.

9.3.1.6 Fenómenos Especiales

PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
FENÓMENOS ESPECIALES														
LLUVIA APRECIABLE	días	1.8	1.7	2.8	5.6	9.6	14.0	16.8	16.4	13.3	7.6	2.7	1.7	94.0
LLUVIA INAPRECIABLE	días	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DÍAS CON ROCÍO	días	13.1	16.4	15.6	17.6	20.4	27.0	27.2	29.3	26.4	29.3	25.3	27.9	275.5
DÍAS CON GRANIZO	días	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DÍAS CON HELADAS	días	15.4	11.4	6.8	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	6.0	13.3	55.7
DÍAS CON TORM. ELÉCTRIC	días	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
DÍAS CON NIEBLA	días	1.7	1.1	0.4	0.1	0.4	0.9	1.4	2.0	2.5	4.1	2.7	2.8	20.1
DÍAS CON NEVADA	días	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1

Figura 210. Tabla de Fenómenos Especiales en Tepetzotlán.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Algunos elementos modificadores del clima que están presentes en la localidad de Tepetzotlán son: la lluvia apreciable con noventa y cuatro días al año, los días con

rocío, presentes a lo largo de todos los meses del año (con un valor anual de 275.5 días) y los días con heladas presentes en la estación invernal con 55.7 días en el año y 20.1 días con niebla distribuidos a lo largo del año.

9.3.1.7 Viento

PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
VIENTO														
DIRECCIÓN DOMINANTE		E	E	O	NE	N	N	NO	NO	N	NO	N	NE	N
CALMAS	%	31.1	20.1	11.1	14.6	16.5	21.2	27.0	20.2	22.3	24.4	22.3	33.3	22.0
VELOCIDAD MEDIA	m/s	0.7	0.9	1.9	0.9	1.2	1.1	0.9	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0
VELOCIDAD MÁXIMA	m/s	1.8	2.4	1.9	1.5	1.2	1.3	1.4	1.1	0.9	1.0	1.5	2.3	2.4
MÁXIMO DIARIO	m/s	7.2	8.0	8.7	8.6	9.0	7.6	7.8	8.1	7.5	7.7	6.5	6.2	7.7

Figura 211. Tabla de Viento.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Rosa de los Vientos

Figuras 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

La dirección en orientación N (norte) es la dominante, con una velocidad media de 1 m/s (metro sobre segundo). La velocidad máxima es de 2.4 m/s y corresponde a la orientación E (este). La Sierra de Tepotzotlán genera un efecto de viento de montaña.

9.3.1.8 Conclusiones de Diseño Bioclimático

El clima en Tepotzotlán, en la estación Represa el Alemán, es Cb (w0)(w)(i') según la clasificación climática de Köppen, adecuada a la República Mexicana por Enriqueta García; correspondiendo a un clima Templado, con poca oscilación, no del tipo Ganges, no hay canícula o periodo del año con altas temperaturas. El Bioclima (se vincula la biología humana y el clima) de una localidad corresponde a un Semifrío Seco, según clasificación por Bioclimas de Figueroa y Fuentes (1998).

9.3.2 Estrategias de Diseño Bioclimático para la Climatización

Con base en el análisis bioclimático y los índices de bienestar humano, se determinan las estrategias básicas de diseño bioclimático para la evaluación del comportamiento de las edificaciones históricas con respecto al clima de la localidad.

9.3.2.1 Calentamiento

El requerimiento principal en la localidad de Tepotzotlán es el calentamiento, durante las mañanas y parte de la tarde y durante las horas de la noche; ya que las temperaturas mínimas y medias se encuentran abajo del límite inferior de la zona de confort térmico; como se puede observar en el gráfico de temperaturas. Así el calentamiento es la estrategia básica de diseño.

Figura 224. Gráfico de Temperatura máxima y mínima en Tepetzotlán.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 225. Gráfico de Radiación Solar en Tepetzotlán.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

En relación a la radiación solar de la localidad, ésta mantiene los valores máximos en los meses de enero, febrero, marzo y abril, manteniéndose en un rango promedio superior a los 5000 W/m² por día, energía aprovechable para cubrir la estrategia de calentamiento en un bioclima semifrío.

Figura 226. Gráfico de Días Grado de calentamiento y enfriamiento en Tepetzotlán.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 227. Gráfico de Humedad máxima y mínima en Tepetzotlán.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

En el gráfico de Días Grado se puede observar los requerimientos de calentamiento, presentes en todos los meses del año.

9.3.2.2 Enfriamiento

Las temperaturas de la tarde, el promedio de máximas, se encuentra en la zona de confort térmico a excepción de los meses de primavera que alcanzan la línea del límite superior de la zona de bienestar térmico.

Ligeramente se requiere enfriamiento en los meses de marzo, abril, mayo y junio durante las horas posteriores al medio día.

9.3.2.3 Humidificación/Deshumidificación

La humedad relativa se mantiene en promedio al interior de la zona de confort higrométrico, sin embargo, durante las mañanas se observa en el gráfico, que la humedad relativa máxima rebaza el límite superior, reforzando la necesidad de incrementar la temperatura y disminuir la sensación de humedad en el ambiente. Durante la tarde los niveles de humedad en los meses de primavera son inferiores, en porcentaje, al límite inferior de la zona de confort higrométrico, por lo que se presenta un requerimiento mínimo de humidificación controlado.

9.3.2.4 Inercia Térmica y Masividad

El calentamiento como estrategia principal requiere de almacenar el componente térmico de la radiación solar para transmitir esta energía al espacio habitable interior durante las horas en la noche. De esta forma, se aprovechan las propiedades de los materiales para encontrar el retardo y la inercia térmica en un sistema de calentamiento pasivo.

9.3.2.5 Ventilación

La estrategia de ventilación en Tepotzotlán es únicamente para la renovación del aire interior. Se debe evitar la ventilación cruzada y proteger las edificaciones de pérdidas por convección.

Las ventanas deben tener un sistema de aislamiento que evite pérdidas de calor interno, así como la transferencia de energía térmica a través de superficies acristaladas.

Figura 228. Gráfico de velocidad máxima y media del Viento en Tepetzotlán.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 229. Gráfico de Sensaciones Térmicas.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

En Tepetzotlán, el viento cuenta con una velocidad media anual de 1 m/segundo y una temperatura media anual de 15.4 °C y una temperatura de bulbo húmedo anual de 10.6 °C; genera una percepción térmica de 10 °C. Estos factores establecen la necesidad de protección contra el viento.

La sensación térmica es de viento frío en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo; en este último se suma el índice alto de humedad.

9.3.2.6 Datos Horarios de Temperatura

Figura 230. Tabla de datos horarios de Temperatura con simbología de color con base en el confort térmico en Tepetzotlán.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Los valores horarios de temperatura muestran un requerimiento anual de 68.8% de calentamiento, el 26.7% de los datos se encuentran en confort y el 4.8 % indican un sobrecalentamiento.

Los requerimientos de calentamiento son a partir de las 21 horas, hasta las 12 del día en promedio. La zona de confort térmico es a partir de las 12 del día hasta las 19 horas en promedio. Solo los meses de marzo, abril, mayo y junio sobrepasan el confort en un promedio de 2 a 3 horas diarias.

9.3.2.7 Datos Horarios de Humedad

Figura 231. Tabla de datos horarios de Humedad Relativa con simbología de color con base en el confort higrométrico en Tepotzotlán.
Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) *Bioclimatical Architectural Tools*.

Con respecto a los datos horarios de humedad se observa que el mayor porcentaje de horas a lo largo del año se encuentran en confort higrométrico, el 64.9%; las humedades altas corresponden al 31.6% y el periodo de valores bajas corresponde al 3.5 %.

Analizando los datos horarios de temperatura y los de humedad se observa que coinciden las humedades bajas con las temperaturas altas, los periodos en los que ambos valores sobrepasan el límite superior de la zona de confort higrotérmico.

9.3.2.8 Carta Bioclimática y Diagrama Psicrométrico

Figura 232. Diagrama de Carta Bioclimática por V. Olgyay.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 233. Diagrama Psicrométrico por S. Szokolay.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

La carta bioclimática indica un requerimiento de calentamiento con una necesidad de $105 \text{ W/m}^2 \text{ día}$ para el mes de enero, cuando en la localidad se tiene una radiación máxima directa de $1890 \text{ Wm}^2 \text{ día}$, energía suficiente para cubrir el requerimiento de calentamiento solar pasivo. Durante la tarde en primavera, se requiere enfriamiento a través de la ventilación con 1 m/segundo o humidificación con un requerimiento de 0.71 cm^3 de agua por Kg de aire.

El diagrama psicrométrico establece la estrategia de calentamiento solar durante las mañanas y enfriamiento evaporativo únicamente por las tardes para el periodo de primavera. Los otros periodos estacionales se mantienen en confort térmico e higrométrico en el horario correspondiente a las máximas temperaturas y humedades mínimas.

9.3.2.9 Triángulos de Confort y Predicción del voto medio

Figura 234. Triángulos de Confort de M. Evans en Tepetzotlán.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 235. Predicción del Voto medio (PVM) y personas insatisfechas (PPD) de Fanger en Tepetzotlán.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Mediante los triángulos de Evans se observa la relación existente entre el clima y los requerimientos de confort. Inercia térmica y ganancias solares para los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, para alcanzar los requerimientos de confort por la relación de amplitud térmica y temperaturas.

La tabla de Predicción del Voto medio y personas insatisfechas de Fanger,

El voto medio predictivo indica insatisfacción en los meses de marzo, abril y mayo, con valores mayores a 0.5 PMV, mientras que los otros meses se encuentran en el rango de satisfacción.

El rango de personas insatisfechas es del 90% al 100% en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y noviembre; en octubre y diciembre se encuentra entre el 70 y el 80 % el rango de personas insatisfechas. Con sensaciones de ligeramente frío a frío en las mañanas y de ligeramente caluroso por la tarde en los meses de marzo, abril y mayo.

9.3.2.10 Cuestionario de Mahoney

[illegible]

Figura 236. Tabla de Cuestionario de Mahoney en Tepetzotlán.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Indica los periodos de ambiente cálido para abril y mayo en horario diurno, con un requerimiento de ventilación y ambiente frío para todos los meses del año en horario nocturno con la estrategia de inercia térmica con una temporalidad anual

9.3.3 Conclusiones del Diagnóstico Bioclimático

La estrategia principal en el clima de Tepotzotlán es el calentamiento solar directo durante las mañanas a partir de la salida del sol, hasta las 11 horas en promedio, durante todo el año. Aprovecha el calentamiento solar pasivo en forma indirecta, a través de la masa de la edificación, considerando las propiedades térmicas de los materiales para almacenamiento de la energía, con un retardo mayor a 8 horas.

En los locales se deben conservar las ganancias internas, ya que son un aporte a los requerimientos de calentamiento. Para ello se deben aislar los sistemas de ventanas y puertas, evitando las pérdidas por convección en periodos vespertinos y nocturnos.

El esquema de patio hacia el este, sur o poniente permite tener aportes directos durante el día y las máximas ganancias de aportes indirectos para ser aprovechados durante la noche.

En los meses de febrero, marzo y abril hay un requerimiento humidificación con ventilación controlada, en un periodo promedio de tres horas a partir de las 13 horas.

Estas son algunas de las estrategias y conceptos de diseño indicadas en las herramientas utilizadas.

Se debe proteger la edificación del viento frío proveniente de norte y noroeste, así como evitar el cruce del viento a través de los espacios habitables.

En conclusión, la localidad de Tepotzotlán, se clasifica en un bioclima semifrío, donde los requerimientos vespertinos, nocturnos y diurnos, son el calentamiento, aprovechando la radiación favorable de la localidad.

10 Modelos de evaluación

En este apartado se incluye un ejemplo de aplicación de los modelos de simulación gráficos, numéricos y a escala para la comprobación de las estrategias y criterios de diseño bioclimático y sustentabilidad de elementos constructivos y/o tecnologías ambientales identificados en los conjuntos conventuales.

10.1 Simulación gráfica

Un modelo de evaluación es una herramienta que permite simular el comportamiento de una o más variable. El sistema aporta resultados predictivos en forma de imágenes gráfica, lo que facilita la comprensión del fenómeno. La iluminancia, las temperaturas y el comportamiento del viento son fácilmente comprensibles a través de modelos de simulación gráfica.

10.1.1 Sistema de ventilación natural en Oaxaca

El viento es aprovechado como sistema de climatización pasiva en las cubiertas de las celdas de novicios, ubicadas en la planta alta del Convento Dominicano. Un sistema de doble crujía es unido por un corredor central longitudinal. En éste último, se ha dispuesto un tiro de salida de aire orientado hacia el este, con un viento en dirección opuesta proveniente del oeste, con una velocidad media de 1.2 m/segundos y una frecuencia de 5.7%, extrae el aire caliente del interior de los espacios.

En Oaxaca, la primavera es el periodo de mayor sobrecalentamiento durante las horas de la tarde, por ello se analizó la rosa de los vientos, la velocidad media y los datos de temperatura correspondientes al mes de marzo.

Figuras 237, 238 y 239. Gráficos de viento

Autoría: Fuentes-Freixanet (2014) Bioclimatical Analysis Tools

Se dibujó el sistema de ventilación y con el programa *WindTunelFree* se obtuvo el comportamiento del viento, simulando el efecto del viento cuando la boca del sistema de extracción de aire está orientada hacia el este y el viento proviene del poniente, generando una presión positiva que obliga a forzar la salida de aire a través del ducto. La condición interior de las celdas es con las ventanas y puertas abiertas, para observar el efecto de ventilación cruzada.

Figuras 240, 241 y 242. Simulación del comportamiento del viento por temperatura.

Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

La velocidad mayor se localiza en la capa límite de las cubiertas, con un viento de menor velocidad fluyendo desde el interior.

La entrada de aire por barlovento a través de la ventana poniente, muestra una velocidad elevada en comparación con el viento a sotavento de los vértices que forman las bóvedas y en la entrada de la chimenea eólica.

Figuras 243, 244 y 245. Simulación del comportamiento del viento por temperatura.

Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

La segunda secuencia de imágenes muestra el sistema con la boca abierta hacia el viento en barlovento, lo que introduce el aire con mayor velocidad al interior de los espacios habitables. La primera imagen simula la primera celda de los novicios, con la ventana abierta y la puerta cerrada, lo que genera una turbulencia cálida al interior. El viento se introduce a través del ducto hacia el pasillo.

La segunda imagen muestra el espacio de la segunda habitación con una sección de la puerta y la ventana se encuentran abiertas. En la tercera imagen la puerta de la celda colindante con el pasillo tiene la puerta y la ventana abierta, lo que permite la disipación del viento y el intercambio térmico con el exterior.

10.1.2 Cava y frigorífico en Tepotzotlán

En el colegio jesuita de Tepotzotlán el viento es utilizado para enfriar el frigorífico utilizado en la preservación de productos alimenticios y la cava, para mantener en óptimas condiciones del vino.

El espacio está construido con muros masivos y consta de dos cámaras separadas por un muro humedecido constantemente por el sistema de abastecimiento de agua de las cocinas que circulaba en una canaleta abierta por la parte superior del muro, humedeciendo su masa por capilaridad.

Uno de los espacios está destinado a la cava para conservación del vino, y por lo tanto está protegido de luz. La entrada era a través de una única puerta de madera gruesa y maciza de 1.5 m de altura; arriba de ella, a 4m de altura junto a la cubierta, se localiza una ventana triangular, cuya función es promover la salida del aire caliente estratificado en la parte superior del local. Este espacio permanece oscuro para conservar adecuadamente el vino.

Datos del clima para el análisis del intercambio de energía en la cava y la cámara fría en Tepotzotlán, estado de México.

PARÁMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEDIA	°C	11.9	13.1	15.2	16.7	17.7	17.8	17.1	17.0	16.7	15.3	13.6	12.2	15.4
HUMEDAD														
TEMP. BULBO HÚMEDO	°C	7.4	8.2	9.8	11.1	12.2	12.9	12.7	12.6	12.4	10.9	8.9	7.9	10.6
Nuevo Wind Chill														
Mínima	°C	0.45	0.73	3.69	6.44	8.85	10.60	10.50	10.40	10.50	8.25	3.70	0.47	5.39
Diferencia	°C	-1.85	-2.37	-1.51	-0.76	-0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.10	-2.33	-1.66

Figuras 246, 247, 248. Tablas de viento.

Autoría: Fuentes-Freixanet (2014). Bioclimatical Analysis Tools

La segunda cámara es el frigorífico. Este espacio tiene dos aberturas. Una es vano sin acristalamiento abierto al viento frío del norte y el otro ubicado al sur sobre la puerta. El enfriamiento se produce cuando el aire está en contacto con el muro intermedio y la temperatura del aire saturado, se iguala a la temperatura de bulbo húmedo. Este efecto produce una temperatura en el frigorífico 5°C inferior a la temperatura media exterior de bulbo seco. Aunado a ello, se ha aplicado un sistema de ventilación cruzada con entrada de aire en el lado norte. La ubicación de la entrada y salida del aire acelera la ventilación con el efecto de enfriamiento convectivo. A 1 m/s se puede alcanzar una sensación térmica (temperatura efectiva corregida) de hasta 4°C menos.

Con todas estas medidas es posible mantener en este espacio una temperatura estable de entre 3.4°C y 8.9°C durante todo el año, siendo esta suficiente para conservar en buen estado frutas y verduras, durante días e incluso semanas en algunos productos. Los refrigeradores eléctricos contemporáneos mantienen en la zona de refrigeración una temperatura entre 3°C y 5°C

Figura 249. Tabla Psicrométrica. Frigorífico localizado en el Colegio de Tepotzotlán, para las condiciones medias en mayo y diciembre con Temperatura Saturada al 100% y Corregida por Factor de viento a 1 m/segundo.

Autoría: Gloria Castorena basada en gráfico de Marsh (2021) Bedford (1947)

Utilizando el programa *WindTunel* se simula el comportamiento del viento al interior de la cámara fría.

El viento en su comportamiento laminar ha sido acelerado (zonas amarillas y rojas) por un muro exterior que intensifica la presión a barlovento, incrementando la velocidad del viento y un abocardado lo conduce hacia la zona inferior del frigorífico, posteriormente el aire de mayor temperatura sale por la parte superior de la puerta.

Figura 250. Simulación del comportamiento del viento en un corte longitudinal del frigorífico en Tepotzotlán.

Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

De la visualización del comportamiento del aire en movimiento, podemos concluir que la ventilación fue usada con un entendimiento claro de los fenómenos convectivos de transferencia de calor, no solo para refrescar y ventilar las habitaciones y corredores; también se usó con efectividad para conseguir cuartos fríos que les ayudaran a conservar los alimentos frescos por más tiempo. Por ello se combinó un conocimiento de la física de los materiales, la aerodinámica y su relación con la arquitectura.

El diseño del frigorífico, demuestra la aplicación práctica del conocimiento científico de la época (Siglos XVI y XVII) para responder a las necesidades de enfriamiento, determinadas por las condiciones climática.

No	Temperatura	Ubicación	Observaciones
1	27.0 °C	1.20 m	al sol
2	27.0 °C	1.20 m	a la sombra
3	16.2 °C	Muro	al interior
4	15.6 °C	Piso	
5	16.8 °C	Techo	
6	16.4 °C	Muro	
7	15.0 °C	Muro	
8	16.0 °C	Muro	
9	16.0 °C	Piso	
10	16.0 °C	Techo	
11	17.0 °C	Muro

Nota: Los valores registrados en el sitio, son sin el efecto de la aportación del muro húmedo y sin ventilación cruzada.

Figura 251 Mediciones de temperatura de superficie en La cava y el Frigorífico

10.2 Simulación numérica

Son modelos matemáticos y algoritmos de cálculo, para predecir el comportamiento de un sistema, cuyas variables y condicionantes son controladas.

Estos modelos en arquitectura simulan el comportamiento de un sistema constructivo, de un material o de los intercambios de energía entre de los elementos climáticos de una localidad y el comportamiento de la piel de un edificio.

10.2.1 Análisis del comportamiento térmico en muros de piedra en tres climas.

La arquitectura conventual analizadas en las localidades de Tepetzotlán, Querétaro y Oaxaca tienen muros de cal y canto, esta técnica constructiva tradicional consiste en pegar las piedras con una argamasa hecha de arena, cal y agua. El muro termina con un aplanado con los materiales de la argamasa y pintura a la cal.

Los espesores de los muros de piedra analizados varían desde 1.20 hasta 2.00 metros. Estos elementos presentan una enorme masa térmica cuyo comportamiento estabiliza la temperatura al interior del muro.

Figura 252. Corte en el Patio de los naranjos en Tepetzotlán. (INAH, 1964)

Figura 253. Corte transversal en las letrinas del noviciado, en Oaxaca. (Ibarra, B. y Hernández, J., 2000).

Para analizar el comportamiento entre la masa y la temperatura se compararon cinco sistemas constructivos.

Los primeros cuatro sistemas (S.C.) son de piedra con un espesor de 30, 40, 50 y 70 cm, incluyendo en esta sección los aplanado de 2 cm. de cal arena, en ambas caras y terminados en colores medios con una absorción del 50%.

El quinto sistema de referencia, es el sistema constructivo que comúnmente se utiliza en la actualidad, es un muro de tabique rojo de 12 cm de espesor con un aplanado de 1.5 cm de cemento arena en ambas caras, terminados en colores medios con una absorción del 50%.

Se evaluaron los cinco sistemas en los meses de diciembre y mayo por ser el primero el más frío y el más caluroso, en las tres localidades analizadas.

Las simulaciones numéricas de transferencia de calor se realizaron con el programa Ener-Habitat (2009) para cuatro orientaciones: Norte, Sur, Este y Oeste; en las tres localidades de Tepetzotlán, Oaxaca y Querétaro.

Al analizar los muros, se observó que en existe una diferencia importante entre el muro de referencia de tabique y los muros de piedra, tanto en el amortiguamiento térmico, como en el retardo térmico.

El efecto de disminución de oscilación térmica (factor de decremento) se reduce a menos de 1% con muros de espesor mayor a 70 cm.

Para ilustrar esta condición se realizó en Tepetzotlán, un análisis numérico de la temperaturas máximas y mínimas al exterior (T_o) en la cara interior de los muros para el mes de mayo en orientación norte. Con estos datos se calculó la oscilación de temperatura y el factor de decremento para este ejemplo.

Tepetzotlán	Mayo/Norte	T_o	S.C.1	S.C.2	S.C.3	S.C.4	S.C.5
Material			piedra	piedra	piedra	Piedra	Tabique
espesor de muro	Cm		30	40	50	70	15
T mínima	°C	12.5	21.5	21.8	22.0	22.2	19.5
T Máxima	°C	25.5	23.3	22.4	22.2	22.3	25.5
Oscilación	°C	13.0	1.8	0.6	0.2	0.1	6.0
Factor de decremento	%		13.8	4.6	1.5	0.8	46.2

Figura 254. Análisis de la oscilación térmica y factor de decremento de un muro norte, en el mes de mayo en Tepetzotlán. (Gloria Castorena)

Como puede observarse en la figura 252. la oscilación de la temperatura exterior del caso de estudio es de 13°C. El sistema constructivo cinco (S.C.5) muro de tabique de 15 cm de espesor, presenta una oscilación de 6.0°C, equivalente a un factor de decremento del 46%; es decir que reduce un poco más de la mitad la oscilación térmica exterior. Pero existe una notable diferencia con los sistemas S.C.1, S.C.2, S.C.3 y S.C.4 cuyas oscilaciones térmicas van del 1.8° a 0.1°C, con factores de decremento del 13.8% al 0.8%; este último en muros de mampostería de piedra aplanados con un espesor de 70 cm.

En muros de mayor espesor a 70 cm. el factor de decremento será menor al 1%, por lo que se considera que la temperatura interior será estable día y noche, éste comportamiento está determinado por la temperatura media mensual de la localidad.

También se analizó para el mismo caso de Tepetzotlán en orientación Norte el efecto de retardo térmico.

Tepetzotlán	Mayo/Norte	To	S.C.1	S.C.2	S.C.3	S.C.4	S.C.5
Material			piedra	piedra	piedra	piedra	Tabique
Espesor de muro	cm		30	40	50	70	15
Valle	Hora	5.5	12.0	15.0	18.0	24.0	9.0
Cresta	Hora	14.0	23.5	27.0	29.0	31.0	20.5
Retardo Térmico Valles	Horas		6.5	9.5	12.5	18.5	3.5
Retardo térmico Crestas	Horas		9.5	13.0	15.0	17.0	6.5
Retardo térmico Promedio	Horas		8.0	11.2	13.7	17.7	5.0

Figura 255. Análisis del efecto del Retardo Térmico en cinco sistemas constructivos en Tepetzotlán. (Gloria Castorena)

Se observa que en la temperatura exterior existe una diferencia de 8.5 horas y 5.5 horas, entre sus crestas y valles respectivamente. El sistema de mampostería de tabique rojo, aplanado por ambas caras (S.C.5) tiene un desfase de 3.5 horas, el muro de piedra de 30 cm presenta un desfase de 12 horas, mientras que el sistema constructivo 4 de muro de piedra con 70 cm. tiene un desfase de 18.5 horas.

Esto explica porque los muros de mayor espesor prácticamente no reaccionan ante las oscilaciones diarias, ya que la inercia del muro es tan grande que el sentido del flujo de energía entre el día y la noche se suprime.

Por ello se concluye que en los dos periodos estacionales y en las cuatro orientaciones, el efecto de reducción de oscilación térmica en los muros de mampostería de piedra se estabiliza después de los 70 cm. de espesor. El fenómeno sucede de forma muy similar para las tres localidades analizadas, como se puede observar en las gráficas que se presentan a continuación.

10.2.1.1 Muro de piedra en Tepetzotlán

En el mes de mayo la temperatura exterior oscila entre los 12.6°C y los 25.5°C.

La temperatura de los muros de piedra, están dentro o muy cercanas de la zona de confort, mientras que el muro de tabique tiene una mayor oscilación sobrepasando la zona de confort en las orientaciones Oeste y en menor medida al Este.

Tepetzotlán, mayo, norte

Tepetzotlán, mayo, sur

Tepotzotlán, mayo este

Tepotzotlán, mayo, poniente

Figuras 256, 257, 258 y 259. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo en Tepotzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

En la época invernal, la temperatura al interior de los muros disminuye en forma significativa. En el mes de diciembre todos los muros se encuentran permanentemente por debajo de la zona de confort, excepto los muros en la orientación sur. Los muros al norte permanecen fríos con una temperatura media cercana a los 15°C.

Tepotzotlán diciembre norte

Tepotzotlán diciembre este

Tepotzotlán diciembre sur

Tepotzotlán diciembre oeste

Figuras 260, 261, 262 y 263. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre en Tepotzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Dado que, en los conjuntos religiosos analizados, el espesor de los muros siempre es mayor a los 70cm, se ha realizado una comparativa del desempeño del S.C.4 (muro de piedra de 70 cm con aplanado en ambas caras) en los meses de mayo y diciembre, para las cuatro orientaciones. Este análisis permite apreciar las diferencias de temperatura interior del muro en el mes más cálido y en el más frío.

En general la temperatura interior del muro está en confort, en el mes de mayo para todas las orientaciones y fría en diciembre para todas las orientaciones excepto el sur. Esto implica la necesidad de calentamiento de algunos espacios en invierno en forma permanente tanto a través de ganancia internas como de radiación directa. Aun así, los muros de masivos, volverán fríos a los espacios orientados al norte, este y oeste, por lo que éstos requieren un sistema de calentamiento activo adicional (chimeneas, estufas, radiadores, etcétera) o un sistema pasivo como un piso radiante a través de un colector solar o un muro *trombe* en la orientación oeste.

Figura 264. Gráfica de la temperatura interior del muro SC4 en mayo y diciembre en Tepotzotlán. (Gloria Castorena)

10.2.1.2 Muro de piedra en Querétaro

En el mes de mayo la temperatura exterior oscila entre los 16.5°C y los 28.8°C.

El muro de tabique de 15 cm. tiene la mayor oscilación. En la madrugada la temperatura del muro está en el rango de confort, así como las primeras horas de la mañana; pero sobrepasando la zona de confort durante la tarde, en todas las orientaciones. Este comportamiento es particularmente crítico en la fachada Oeste que alcanza temperaturas interiores de hasta 34°C así mismo en la Este que llega a 31°C.

Los muros de piedra se desempeñan mejor, ya que tienen temperaturas cercanas a la zona de confort en la fachada sur y norte; sin embargo, las fachadas Oeste y Este presentan sobrecalentamiento con una media de 28.5°C.

Querétaro, mayo, norte

Querétaro, mayo, sur

Querétaro, mayo, este

Querétaro, mayo, poniente

Figuras 265, 266, 267 y 268. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Durante el mes de diciembre, la temperatura normalizada oscila entre los 10°C y los 23°C. La temperatura interior del muro tradicional de tabique de 14 cm esta abajo de la zona de confort en las madrugadas y primeras horas de la mañana, con una temperatura confortable durante las tardes. Los muros de mampostería de piedra son más estables y se conservan en zona de confort o muy cercanos a ella durante todo el día.

Querétaro, diciembre, norte

Querétaro, diciembre, este

Querétaro, diciembre, sur

Querétaro, diciembre oeste

Figuras 269, 670, 271 y 272. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Al igual que en el clima anterior, se ha realizado una comparativa del desempeño del S.C.4 (mampostería de piedra de 70 cm con aplanado en ambas caras) en las cuatro orientaciones en los meses de mayo y diciembre. Mostrando las diferencias de temperatura interior del muro en los meses más cálido y más frío.

Querétaro, tiene un clima templado donde los muros de gran espesor tienen en general su temperatura interior en zona de confort o cercana ella ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) en mayo y diciembre, para todas las orientaciones.

En este clima la masividad funciona adecuadamente para alcanzar condiciones interiores confortables durante todo el año. Solo las habitaciones orientadas al norte requerirán un ligero calentamiento en el invierno con aportes directos de radiación.

Figuras 273. Gráfica de la temperatura interior del muro SC4 en mayo y diciembre en Querétaro. (Gloria Castorena)

10.2.1.3 Muro de piedra en Oaxaca

En el mes de mayo la temperatura exterior oscila entre los 18.5°C y los 30°C.

Los muros de piedra se encuentran todo el tiempo por arriba de la zona de confort, siendo más elevada la temperatura del muro en las fachadas Oeste y Este con sobrecalentamiento en promedio de 29.5°C.

El muro de tabique de 15 cm. tiene la mayor oscilación, estando en temperatura de confort durante las horas cercanas al orto, pero sobrepasando la zona de confort durante la tarde en las todas las orientaciones. Esta situación es particularmente crítica en la fachada Oeste que alcanza temperaturas interiores de 34°C y la Este que llega a 31.5°C.

Oaxaca, mayo, norte

Oaxaca, mayo, este

Oaxaca, mayo sur

Oaxaca, mayo, poniente

Figuras 274, 275, 276 y 277. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

En el mes de diciembre, correspondiente al invierno, la temperatura exterior normalizada oscila entre los 14°C y los 27°C.

La temperatura interior del muro tradicional de tabique de 14 cm está en confort todo el tiempo para las fachadas norte y este; las fachadas sur y oeste solo tienen temperatura confortable en las madrugadas y primeras horas de la mañana. Al final de la tarde los muros presentan sobrecalentamiento con una temperatura en la cara interior del muro de hasta 30.5° en orientación sur.

Los muros de piedra son más estables y se conservan en zona de confort o muy cercanos a ella durante todo el día.

Oaxaca, diciembre norte

Oaxaca, diciembre, este

Oaxaca, diciembre, sur

Oaxaca, diciembre, oeste

Figuras 278, 279, 280 y 281. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

10.2.1.4 Comparación final

Como conclusión de este análisis se comparan los resultados del sistema constructivo S.C.4 (muro de piedra de 70 cm) en mayo y diciembre para las tres localidades. Se incluyó la temperatura máxima y mínima del muro en cada fecha para apreciar que las diferencias son muy pequeñas (las líneas son prácticamente horizontales).

En concordancia con el clima de Oaxaca, la temperatura interior del muro, tanto al norte como al sur, presenta mayor temperatura. Las temperaturas del muro se encuentran dentro de la zona de confort o ligeramente por arriba de ella todo el año.

Figuras 282 y 283. Gráfica del comparativo de las temperaturas del muro de piedra de 70 cm, en orientación norte y sur en Oaxaca, Querétaro y Tepotzotlán. (Gloria Castorena)

En el caso de Querétaro la masa permite que el muro este confortable todo el año, excepto en la orientación norte en diciembre que está ligeramente fría.

En Tepotzotlán las temperaturas interiores del muro son confortables en mayo y están por debajo de la zona de confort en diciembre.

10.3 Simulación en modelos a escala

Los modelos de simulación a escala, permiten estudiar y observar el comportamiento físico de los elementos del clima. La radiación solar es escalable a un modelo a escala, físico o en realidad virtual.

Se ejemplifica el trayecto solar al exterior del Ex convento de Santo Domingo utilizando el programa de sunpath de Andrew Marsh.

10.3.1 Trayectoria solar en el Ex convento de Santo Domingo en Oaxaca.

Los modelos de simulación a escala permiten la evaluación de la trayectoria solar, para determinar la incidencia a través de aberturas horizontales y verticales de la arquitectura, así como la sombras que los edificios generan en su entorno.

Se realizó una simulación con el software de Diseño 3D Sketchup (2019) el modelo a escala del Ex convento de Santo Domingo en Oaxaca, hoy Museo de las Culturas de Oaxaca, con el objetivo de realizar el trayecto solar que permita corroborar el comportamiento de la arquitectura y del conjunto mismo con las estrategias de masividad, incidencia solar por la mañana y protección solar durante la tarde, así como aportes indirectos aprovechando la masa de las edificaciones. Se analizaron comparativamente los datos horarios de temperatura, con los aportes indirecto y directos de radiación solar.

El centro de la ciudad Oaxaca se clasifica como un bioclima Templado; según Clasificación de Köppen modificada por E. García, corresponde a un clima Semicálido; con requerimientos de calentamiento solar directo durante la mañana hasta las 10 horas. A partir de esta hora los aportes de calentamiento solar deben ser indirectos para su almacenamiento en la masa del edificio la energía térmica y transmitirla durante la noche y la madrugada al espacio interior.

Datos de temperatura horaria para el análisis de requerimientos de calentamiento y enfriamiento en Oaxaca.

				TEMPERATURA																									
MES	TM	Tm	Tmed	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Enero	26.8	9.3	18.0	13.6	12.2	10.9	10.0	9.5	9.3	9.8	11.3	13.6	16.4	19.5	22.4	24.7	26.3	26.8	26.6	26.0	25.1	23.9	22.4	20.7	18.8	17.0	15.3		
Febrero	28.9	12.0	20.4	16.2	14.8	13.6	12.7	12.2	12.0	12.5	13.9	16.2	18.9	21.8	24.6	26.9	28.4	28.9	28.7	28.2	27.3	26.1	24.6	23.0	21.2	19.4	17.7		
Marzo	30.8	12.9	21.8	17.3	15.8	14.6	13.7	13.1	12.9	13.4	15.0	17.3	20.2	23.3	26.3	28.7	30.3	30.8	30.6	30.0	29.1	27.8	26.3	24.5	22.7	20.8	19.0		
Abril	31.8	14.6	23.2	18.9	17.4	16.2	15.3	14.8	14.6	15.1	16.6	18.9	21.7	24.7	27.5	29.8	31.3	31.8	31.6	31.1	30.2	29.0	27.5	25.9	24.1	22.3	20.5		
Mayo	31.3	15.3	23.3	19.3	17.9	16.8	16.0	15.5	15.3	15.8	17.2	19.3	21.9	24.7	27.3	29.4	30.8	31.3	31.1	30.6	29.8	28.7	27.3	25.8	24.1	22.5	20.8		
Junio	29.0	15.5	22.2	18.8	17.7	16.8	16.1	15.6	15.5	15.9	17.0	18.8	21.0	23.3	25.6	27.4	28.6	29.0	28.8	28.4	27.7	26.7	25.6	24.2	22.8	21.4	20.1		
Julio	28.5	15.0	21.7	18.3	17.2	16.3	15.6	15.1	15.0	15.4	16.5	18.3	20.5	22.8	25.1	26.9	28.1	28.5	28.3	27.9	27.2	26.2	25.1	23.7	22.3	20.9	19.6		
Agosto	28.5	15.1	21.8	18.5	17.3	16.4	15.7	15.2	15.1	15.5	16.7	18.4	20.6	23.0	25.1	26.9	28.1	28.5	28.4	27.9	27.2	26.3	25.2	23.9	22.5	21.1	19.7		
Septiembre	27.6	15.0	21.3	18.2	17.1	16.2	15.5	15.1	15.0	15.4	16.5	18.1	20.2	22.4	24.4	26.1	27.2	27.6	27.5	27.1	26.4	25.5	24.5	23.2	22.0	20.6	19.4		
Octubre	27.6	14.5	21.0	17.7	16.6	15.7	15.1	14.6	14.5	14.9	16.0	17.7	19.8	22.1	24.3	26.0	27.2	27.6	27.5	27.0	26.3	25.4	24.3	23.0	21.6	20.2	18.9		
Noviembre	27.3	11.8	19.6	15.7	14.4	13.3	12.5	12.0	11.8	12.3	13.6	15.7	18.3	21.0	23.5	25.5	26.8	27.3	27.1	26.6	25.8	24.8	23.5	22.0	20.5	18.9	17.3		
Diciembre	26.4	10.6	18.5	14.6	13.2	12.1	11.3	10.8	10.6	11.1	12.4	14.5	17.1	19.9	22.4	24.6	25.9	26.4	26.2	25.7	24.9	23.8	22.5	20.9	19.3	17.7	16.1		
ANUAL	28.7	13.5	21.1	17.2	16.0	14.9	14.1	13.6	13.5	13.9	15.2	17.2	19.7	22.4	24.9	26.9	28.2	28.7	28.5	28.0	27.2	26.2	24.9	23.4	21.8	20.2	18.7		

Figura 284. Tabla de datos horarios de Temperatura son simbología de color con base en el confort térmico en Oaxaca.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

10.3.1.1 Primavera

En la ciudad de Oaxaca la primavera abarca los meses más calurosos que son abril y mayo. A partir de la salida del sol hasta las 9:00 horas, los espacios habitables requieren de calentamiento solar directo, a través de las ventanas.

Los locales orientados hacia el este en planta baja estuvieron ocupados por las aulas y las celdas de la hospedería en el claustro de estudios. En el claustro principal la Sala Capitular y el refectorio se orientaron hacia la salida del sol así mismo el comedor de provinciales colindante con el patio de servicios y la sacristía localizada en el patio del mismo nombre.

En la planta alta las celdas de novicios, las de la hospedería, la celda del provincial y las celdas de los enfermos. Todas las habitaciones orientadas hacia el este, para recibir desde las primeras horas de la mañana la radiación en su componente térmico y lumínico, así como medio germicida para mantener saludables a los que ahí habitaron.

El recorrido del sol en estas horas permite observar los aportes de la radiación sobre las fachadas y ventanas en orientación este. (Ver figuras 285, 286, 287 y 288)

Primavera

Trayectoria solar 1

Mayo, 6 horas

Figura 285. Recorrido solar en primavera a las 6:00 horas en Oaxaca. Recuperado de: Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 2

Mayo, 7 horas

Figura 286. Recorrido solar en primavera a las 7:00 horas en Oaxaca. Recuperado de: Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 3 Mayo, 8 horas

Figura 287. Recorrido solar en primavera a las 8:00 horas en Oaxaca. Recuperado de: Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 4 Mayo, 9 horas

Figura 288. Recorrido solar en primavera a las 9:00 horas en Oaxaca. Recuperado de: Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Como se observa en las imágenes del mes de mayo de las 6:00 a las 9:00 horas, la proporción de los vanos es inferior al 10% de la fachada, permitiendo parcialmente la incidencia solar al interior de los espacios habitables como son las celdas de los novicios, las aulas, las celdas principales y las de los enfermos.

De las 10:00 a las 12:00 horas la temperatura exterior están en confort térmico, esta condición se debe mantener al interior de los espacios en equilibrio y bienestar de los usuarios.

Trayectoria solar 5 Mayo, 10 horas

Figura 289. Recorrido solar en primavera a las 10:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path (Marsh 2020)

Trayectoria solar 6 Mayo, 11 horas

Figura 290. Recorrido solar en primavera a las 10 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 8 Mayo, 12 horas

Figura 291. Recorrido solar en primavera a las 12:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path (Marsh 2020)

A partir de las 12 horas, hasta las 20 :00 horas la temperatura exterior está en el rango de sobrecalentamiento. Los conceptos de diseño son el sombreado de vanos, miradores y parlitorios. Evitar las ganancias directas.

Trayectoria solar 9 Mayo, 13 horas

Figura 292. Recorrido solar en primavera a las 13:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 10 Mayo, 14 horas

Figura 293. Recorrido solar en primavera a las 14:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 11 Mayo, 15 horas

Figura 294. Recorrido solar en primavera a las 15:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 12 Mayo, 16 horas

Figura 295. Recorrido solar en primavera a las 16:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 13 Mayo, 17 horas

Figura 296. Recorrido solar en primavera a las 17:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 14 Mayo, 18 horas

Figura 297. Recorrido solar en primavera a las 18:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 15 Mayo, 18:25 horas

Figura 298. Recorrido solar en primavera a las 18:25 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

A partir de las 10 horas, los espacios reciben menos radiación directa. Incidiendo en la superficie de los muros ciegos como la fachada principal del templo. Durante las horas de la tarde el asoleamiento se presenta en los espacios con mayor amplitud destinados a las actividades comunes, como es salón de la hospedería y la sala capitular. Los dormitorios de los nuevos novicios, ubicados en el patio de lectura, están protegidos de la radiación por el muro poniente. Otros espacios como los dormitorios del noviciado, disponen de un sistema de ventilación a través de las cubiertas, en orientación opuesta al sol. Las celas de los frailes, colindantes con el acceso principal de la iglesia, tienen la mayor exposición al poniente, por ello las ventanas tienen una relación inferior al 10% del muro.

Los patios de la sacristía, los de los servicios y el de lectura solo reciben sol directo cuando éste se encuentra en el cenit, ya que son los mismos edificios el sistema de protección solar.

10.3.1.2 Invierno

El periodo invernal se caracteriza por tener requerimientos de calentamiento a partir de la salida del sol hasta las 11 horas, en este horario los espacios de las habitaciones al estar en orientación este, pueden recibir los aportes directos.

Trayectoria solar 16 Diciembre 7:00 horas

Figura 299. Recorrido solar en invierno a las 7:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020)

Trayectoria solar 17 Diciembre 8:00 horas

Figura 300. Recorrido solar en invierno a las 8:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 18 Diciembre 9:00 horas

Figura 301. Recorrido solar en invierno a las 9:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 19 Diciembre 10:00 horas

Figura 302. Recorrido solar en primavera a las 10:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 20

Diciembre

11:00 horas

Figura 303. Recorrido solar en invierno a las 11:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 21

Diciembre

12:00 horas

Figura 304. Recorrido solar en invierno a las 16:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

A partir de las 12 horas la temperatura ambiente se encuentra en el rango de bienestar para los usuarios, hasta el ocaso.

En las siguientes simulaciones se observa que la edificación recibe el sol a lo largo del día, en la fachada sur, ocupada por muros ciegos de alta masividad, para el almacenamiento de la energía térmica, que será necesaria durante las horas de la noche y la madrugada del día siguiente.

Trayectoria solar 22

Diciembre

13:00 horas

Figura 305. Recorrido solar en invierno a las 13:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 23 Diciembre 14:00 horas

Figura 306. Recorrido solar en invierno a las 14:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 24 Diciembre 15:00 horas

Figura 307. Recorrido solar en invierno en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path (Marsh 2020)

Trayectoria solar 25 Diciembre 16:00 horas

Figura 308. Recorrido solar en invierno a las 16:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 26 Diciembre 17:00 horas

Figura 309. Recorrido solar en invierno a las 17:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Trayectoria solar 28 Diciembre 17:40 horas

Figura 310. Recorrido solar en invierno a las 17:40 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

En conclusión, los modelos de simulación a escala son una herramienta que facilita el entendimiento de la energía no visible, a través de la visualización de los patrones de luz y sombra para entender el efecto del componente térmico de la radiación.

El análisis del camino del sol referenciado a los datos horarios y el estado de bienestar humano, son concluyentes en el certero comportamiento del Ex convento de Santo Domingo, en relación al clima bajo la premisa del bienestar de los usuarios. Aun cuando las funciones de los espacios han cambiado, las estrategias de diseño continúan siendo vigentes.

11 Conclusiones

11.1 Conclusiones Generales

La principal aportación de conocimiento de esta investigación es la revalorización de las estrategias, materiales y elementos de diseño empleados en la arquitectura religiosa de los siglos XVII y XVIII, de los cuales hay abundantes muestras en diferentes climas y sitios de México, los cuales no han sido analizados desde un punto de vista bioclimático.

El diseño, construcción y operación de los edificios religiosos del siglo XVII Y XVIII en México, analizados en esta investigación, tiene una correcta respuesta al clima y a las características físicas del lugar; siendo esta investigación un precedente para el análisis sistemático de otros edificios históricos de la época virreinal.

Con base en las hipótesis de la investigación se puede afirmar:

Existen diferencias arquitectónicas y urbanas entre cada uno de los conjuntos por su adecuación al clima y su entorno. Las principales son:

El emplazamiento, la orientación de los edificios determinada por el eje térmico en clima frío y por el eje eólico en el clima cálido; la forma y proporción de los patios determinados por el trayecto solar y los requerimientos de iluminación, ventilación, calentamiento y protección solar.

A nivel arquitectónico: La proporción que tienen los vanos en relación a los muros ciegos, el espesor de los muros y su efecto de amortiguamiento y retardo térmico, la forma de las cubiertas, la vegetación y las fuentes como sistema de control microclimático y los dispositivos de ventilación o renovación del aire, tanto fijos como móviles para el confort de los usuarios.

Algunas tecnologías ambientales utilizadas en la operación de los edificios son comunes, tales como la medición del tiempo con relojes de sol, el ciclo del agua al interior del conjunto o los sistemas para la iluminación natural; sin embargo, las respuestas de diseño presentan particularidades, principalmente por la condición del clima, logrando soluciones diversas en el uso eficiente de la energía y los

recursos naturales. Particularmente en el uso del agua se complementan conceptos ingeniería hidráulica y arquitectura, como acueductos, canales de conducción, cajas de agua, fuentes y estanques.

A nivel urbano se encontraron las siguientes estrategias y conceptos de diseño:

La geología y la edafología regional determinaron la presencia de bancos de material útiles para la construcción. Estos fueron utilizados en los conventos, colegios e iglesias, aprovechando que eran materiales locales y por la distancia para trasladarlos.

El agua de manantiales y ríos, en los tres casos analizados, era uno de los dos sistemas hidráulicos básicos con que contaban estos conjuntos. El segundo era la utilización del agua de lluvia, tanto para los servicios y la limpieza, como para la producción de alimentos y la conservación de las huertas y los atrios.

La iluminación natural de los espacios fue una prioridad en el desarrollo de las actividades al interior de los locales. Por ello diseñaron y experimentaron con el ensanchamiento de vanos en muros y cubiertas, para incrementar la sección de iluminación. También se hicieron aplanados pulidos con agregados naturales para que la misma arquitectura intensificara las reflexiones múltiples de la luz natural. Y cuando llegara a exceder los requerimientos, se colocaron dispositivos de control de asoleamiento e iluminación como eran los “oscuros” de madera en ventanas y puertas, que cumplían con la función de iluminar, ventilar, ofrecer privacidad y seguridad. Adicionalmente, este sencillo sistema es un dispositivo de eficiencia térmica, para conservar las ganancias internas, o para controlar los intercambios de temperatura ajustados a la condición física de bienestar individual.

Las hipótesis planteadas al inicio de la investigación, sobre las diferencias y coincidencias de las estrategias de diseño bioclimático y de los sistemas para la operación de las edificaciones, se sintetizan en la siguiente tabla:

Tabla comparativa de coincidencias y diferencias en la aplicación de las estrategias de diseño bioclimático y el uso de tecnologías ambientales.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO	QUERETARO Ex convento de San Francisco	OAXACA Ex convento de Santo Domingo	TEPOTZOLTÁN Ex colegio jesuita	APLICACIÓN
Calentamiento				
Mañana				Ganancias directas
Tarde				Ganancias indirectas
Enfriamiento				Durante la tarde
Humidificación				
Fuentes				Patios
Vegetación				
Deshumidificación				
Muros y cubiertas presentan humedad				Fenómeno de condensación por masa
Masividad				
Muros				Piedra material dominante
Cubiertas				Planas y bóvedas como sistema estructural y bioclimático
Ventilación				Balcones, terrazas, chimenea eólica
TECNOLOGÍAS AMBIENTALES	QUERETARO Ex convento de San Francisco	OAXACA Ex convento de Santo Domingo	TEPOTZOLTÁN Ex colegio jesuita	APLICACIÓN
Autosuficiencia agua				
Iluminación				
Abocardado en vanos				Ventanas y puertas
Aplanados bruñidos				Muros y techos
Sistemas de control operable en vanos				Ventanas y Puertas
Producción de alimentos				Huerta y hortalizas
Conservación de alimentos				Frigorífico, cava, secador solar
Producción de energía				Molinos
Relojes solares				
Simbología	Ausente	Parcialmente	Presente	

Nota: El ex convento de San Francisco sufrió una subdivisión en el poniente y norte del predio, perdiendo la huerta, cuatro capillas, la enfermería y áreas de producción de alimentos; es por ello que algunos elementos no pueden ser evaluados.

Figura 311. Tabla comparativa de estrategias de diseño y tecnologías ambientales. (Gloria Castorena)

11.2 Conclusiones de Estrategias de Diseño Bioclimático

Se analizó la aplicación de las estrategias de diseño bioclimático en las tres localidades con el objetivo de encontrar los indicadores de la adaptación al clima y a las necesidades de bienestar y salud de los usuarios.

El calentamiento es un requerimiento presente en los tres casos de estudio, durante la mañana.

Como estrategia de enfriamiento, la humidificación se aplica en espacios exteriores en las tres variantes climáticas, esta se ha incorporado a través de acueductos que recorren los conjuntos y terminan en fuentes y estanques de los diferentes patios.

La deshumidificación se controlaba por medio de la ventilación, que podía ser cruzada cuando se requería aumentar el flujo de viento para bajar la temperatura como es el caso de Oaxaca. La diferencia de presión del viento entre vanos a barlovento y sotavento era tomada en cuenta al dimensionar las ventanas y chimeneas.

En los tres edificios se detectaron problemas de salitre y hongos en los muros ocasionados por la humedad del subsuelo que asciende por capilaridad en las edificaciones y por el efecto de condensación que se produce en los muros masivos.

El uso de la masividad es una constante en edificios religiosos del siglo XVII y XVIII en México, como respuesta a los sistemas constructivos disponibles, a la necesidad de estabilidad térmica y disponibilidad de materiales. El espesor de los muros en los casos analizados es variable desde los 0.90 hasta 1.80 metros. La masividad de los materiales es aprovechada para estabilizar la temperatura, como aislante acústico y en el caso de Oaxaca para la seguridad ante sismos y fenómenos especiales

11.3 Conclusiones en el uso de las Tecnologías Ambientales:

Existen diferentes tecnologías ambientales aplicadas exitosamente en los tres ejemplos.

Respecto al agua pluvial, las construcciones incorporan sistemas de captación y conducción de agua de lluvia de las azoteas y los patios centrales, pasándola por los sistemas de filtración de arena para depositarla finalmente en cisternas de almacenamiento de agua potable divididas en secciones para regular su uso.

Asimismo, es constante la presencia de depósitos de agua abiertos al exterior en forma de estanques, tanques y piscinas para su uso en actividades agrícolas o de limpieza general. En dos de los casos, Oaxaca y Tepetzotlán, los sistemas son parte del diseño arquitectónico y componen elementos constructivos relevantes.

Las edificaciones estudiadas aprovechan al máximo la iluminación natural, siendo Santo Domingo en Oaxaca un caso especial, ya que es uno de los ejemplos más relevantes en el empleo de ductos de iluminación natural, tecnología desarrollada en el Siglo XVII.

El uso de la energía aprovechando la fuerza del agua, está presente en las instalaciones de Oaxaca y Tepetzotlán. En éste último, el agua conducida por gravedad a través de acequias y acueductos llega a dos grandes molinos empleados en la molienda de granos.

Los tres casos analizados contaron con una huerta, dividida en áreas para la producción de plantas medicinales, flores y hortalizas, en donde se daba un uso final al agua de los edificios. En el caso de las aguas negras se construyeron sistemas sépticos de tratamiento a base de cal para habilitar su disposición final.

Una especie arbórea constante, son los cítricos colocados en los patios de los claustros, para la aromatización a través de los azares y tener producción de frutos. En todos los casos, para los huertos y atrios se emplearon especies vegetales productoras de alimentos y adecuadas al clima, compuestas tanto de especies endémicas como traídas de Europa.

En el convento de San Francisco en Querétaro, una porción de los edificios originales fue destruida al ser ocupada para la ampliación de calles y la conformación de una plaza pública, lo que eliminó la posibilidad de conocer muchas de las tecnologías ambientales originales empleadas en sus espacios abiertos. El convento de Santo Domingo de Oaxaca, el convento de San Francisco en Querétaro y el colegio Jesuita de Tepotzotlán albergan en sus muros y andadores la riqueza edilicia de un periodo de más de doscientos años con una expresión estética propia y de un comportamiento sostenible con su entorno. Las tecnologías ambientales y la respuesta bioclimática de sus edificios, que fueron diseñados para el hombre y su espíritu, les agrega un valor ambiental.

Tendemos a buscar las respuestas a los problemas en el futuro, en las nuevas tecnologías. Pensamos que la sustentabilidad depende de los avances de la tecnología, pero a veces lo único que se necesita es mirar hacia atrás con detenimiento, hacia las construcciones de un tiempo en el que el hombre y su entorno coexistían armoniosamente.

11.4 Investigaciones subsecuentes.

A partir de la presente investigación es posible realizar la comparación de conjuntos religiosos en otras condiciones climáticas, para su revaloración ambiental arquitectónica y urbana.

Evaluar las variables que alteran la conservación de las edificaciones históricas principalmente ante los problemas de humedad en los materiales, tanto por capilaridad ascendente como por el uso de aire acondicionado, para su revitalización bioclimática.

Bibliografía

- Academia Mexicana de Ciencias. (2007). Cocina, despensa y comida en los conventos franciscanos de Querétaro en la época colonial. Recuperado de: <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-anteriores/65-vol-58-num-2-abril-junio-2007/alimentacion/105-cocina-despensa-y-comida-en-los-conventos-franciscanos-de-queretaro-en-la-epoca-colonial>
- Aguilar, R. (2020). *Convento de Santo Domingo de Guzmán Oaxaca, Oaxaca*. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.etcetera.com.mx/opinion/convento-santo-domingo-guzman-oaxaca/>
- Alejo. (2007). *Facade of Chiesa del Gesù*. [fotografía]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Iglesia_del_Ges%C3%B9#/media/File:Chiesa_gesu_facade.jpg
- Amigos del Museo Regional de Querétaro. (S.D.) *San Francisco. Un Convento y un Museo surcando el tiempo*. RR Donnelley México: Querétaro, México.
- Archivo histórico de “Propaganda y Fide”. (2013). *Congregación para la evangelización de los Pueblos*. Recuperado de: <http://www.archivistoricopropaganda.va/content/archivistoricopropagandafide/es/la-congregazione.html>
- Arquiplus. (2021). *El Gesù*. [plano]. Recuperado de: <https://www.arkiplus.com/el-gesu/>
- Artigas, Juan B. (2010). México Arquitectura del Siglo XVI, Santillana Ediciones Generales, México D.F., México.
- Barrera, M. (2017). *INAH halla aldea prehispánica en Tepotzotlán*. Recuperado de: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/edomex/2017/03/18/inah-halla-aldea-prehispanica-en-tepotzotlan>
- Becco, H. (1992). *Historia real y fantástica de nuevo mundo*. Biblioteca Ayacucho: Venezuela.
- Biblioteca Digital Mundial. *Regla de San Benito*. (2017). Recuperado de: <http://www.wdl.org/es/item/13467/>

- Brohan, P., et al. (2006). *Incertidumbre en las estimaciones regionales y mundiales de cambios de temperatura observados: un nuevo conjunto de datos de 1850*. Journal of Geophysical Research: Estados Unidos de América.
- Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. (S.D.). Ciudad Universitaria, México, D.F., México.
- Ciudad Real, A. (1993). *Tratado curioso y docto de las grandezas de la Nueva España. Relación breve y verdadera de algunas cosas de las muchas que sucedieron al padre fray Alonso Ponce en las provincias de la Nueva España siendo comisario general de aquellas partes*. Instituto de Investigaciones Históricas México. Universidad Nacional Autónoma de México: México. www.historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/156_02/tratado_curioso.html
- Colonial México. Perry, R. (2015). *Las Capillas otomíes en Tolimán. Los Luna*. [fotografía]. Recuperado de: <http://colonialmexico.blogspot.com/2015/12/the-otomi-chapels-of-toliman-los-luna.html>
- CONAGUA. (2021). *Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS)*. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>
- Depaseo.com. *Capilla de Indios*. (2020). Recuperado de: <https://www.depaseo.com/queretaro/item/capillas-de-indios/>
- Dominicos. (2017). *“Caminemos con alegría y pensemos en nuestro Salvador.” Pinceladas sobre la itinerancia dominicana*. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.dominicos.org/estudio/recurso/caminemos-con-alegria-y-pensemos-en-nuestro-salvad/>
- EFEverde. (2020). *El nivel de CO2 en la atmósfera alcanzó “máximos históricos” en mayo*. Recuperado de: <https://www.efeverde.com/noticias/greenpeace-nivel-co2-alcanzo-maximos-historicos-mayo/>
- Espinosa, G. (1996). *La arquitectura medicante novohispana del siglo XVI: evolución constructiva*. Universidad de Granada: Granada, España.
- Espinosa, S. (1998). *Arquitectura de conversión y evangelización en la Nueva España durante el siglo XVI*, Universidad de Almería: Almería, España.

- Estado de México. (S.D.). *Tepotzotlán*. Recuperado de: <https://estadodemexico.com.mx/tepotzotlan/>
- FCBP. (2007). *Monasterio de San Pedro de Montes de Valdereza, El Bierzo, León, España*. [fotografía]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Monasterio_de_San_Pedro_de_Montes#/media/Archivo:Montes_de_Valdereza_-_Monasterio_de_San_Pedro_de_Montes3.jpg
- FCPB. (2008). *El Pico de la Aquina y a su falda Montes de Valdereza en los Montes Aquilanos*. [fotografía]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Montes_de_Valdereza#/media/Archivo:San_Pedro_de_Montes_de_Valdereza.jpg
- Felipe II. (1573). *Ordenanzas de descubrimiento, nueva población y pacificación de las Indias*. Recuperado de: http://www.biblioteca.tv/artman2/publish/1573_382/Ordenanzas_de_Felipe_II_sobre_descubrimiento_nueva_1176.shtml.
- Franciscanos en México. (2018). *Provincia del Santo Evangelio de México. Frailes Franciscanos, la Orden de los Hermanos Menores*. [fotografía]. Recuperado de: <http://www.franciscanosenmexico.com.mx>
- Fuentes, V. y Figueroa, A. (1990). *Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura*. Instituto Mexicano del Seguro Social: México.
- Gadea, S. (2013). *Iglesia de la Cartuja de Miraflores, en Burgos*. [fotografía]. Recuperado de: <https://viajarconelarte.blogspot.com/2013/05/burgos-iii-cartuja-de-miraflores-i.html>
- Gadea, S. (2013). *La Cartuja de Miraflores, en Burgos*. [fotografía]. Recuperado de: <https://viajarconelarte.blogspot.com/2013/05/burgos-iii-cartuja-de-miraflores-i.html>
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México: México.
- Gil, F. (2017). *Catedral de Ourense*. [Fotografía]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Di%C3%B3cesis_de_Orense#/media/Archivo:Catedral_de_Ourense_-_Cabeceira.jpg

- Gobierno de México. (S.D.). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Querétaro de Arteaga*. Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM22queretaro/municipios/22014a.html>
- Godínez, A. y López, M. (2018). *Dinámica de la Isla de Calor Urbana y su efecto en la distribución espacio-temporal de la lluvia en las ciudades de Querétaro y San Juan del Río*. UAEM Facultad de Geografía: Toluca de Lerdo, México.
- González, J. (2009). *El Barroco Queretano. Análisis de la forma arquitectónica en Santiago de Querétaro*. UAM-Azcapotzalco: Ciudad de México, México.
- González, J. (2009). *El Barroco Queretano. Análisis de la forma arquitectónica en Santiago de Querétaro*. UAM-Azcapotzalco: Ciudad de México, México.
- Google.com. (2021). Museo de las Culturas de Oaxaca. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/maps/place/Museo+de+las+Culturas+de+Oaxaca,+Santo+Domingo/@17.0658413,-96.725344,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85c7224ec7ba0447:0xe9d3bacda9641a28!8m2!3d17.0658413!4d-96.7231553>
- Google.com. (2021). Museo Regional de Querétaro. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/maps/place/Museo+Nacional+del+Virreinato/@19.7132656,-99.2239173,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85d21fc6afc1fc73:0xca060b0db718347c!8m2!3d19.7132656!4d-99.2217286>
- Google.com. (2021). *Museo Regional de Querétaro*. Recuperado de: <https://www.google.com.mx/maps/place/Museo+Regional+de+Quer%C3%A9taro+-+INAH/@20.5925889,-100.3935622,807m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x85d35b2a3461b1b1:0xd41f98003c3880de!8m2!3d20.5925889!4d-100.3913735?hl=es>
- Google.com. (2021). *Tepetzotlán Estado de México*. [fotografía]. Recupero de: https://satellite-map.gosur.com/es/google-earth/?gclid=Cj0KCQiA-OeBBhDiARIsADyBcE4JuonGc4hMiGuU2UkPEYNWvSZa-GPXMFXxLZvYklae-Vq7bkV6hkUaAqJ0EALw_wcB&ll=19.717339201599586,-99.2230682993715&z=13.999486194931738&t=satellite

- Google.com. (2021). *Tepotzotlán Estado de México*. [fotografía]. Recuperado de: https://satellite-map.gosur.com/es/google-earth/?gclid=Cj0KCQiA-OeBBhDiARIsADyBcE4JuonGc4hMiGuU2UkPEYNWvSZa-GPXMFXxLZvYklae-Vq7bkV6hkUaAqJ0EALw_wcB&ll=19.717339201599586,-99.2230682993715&z=13.999486194931738&t=satellite
- GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. (2018). *CAMBIO CLIMÁTICO 2013*. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- Guerrero, A. (2007). *Cocina, despensa y comida en los conventos franciscanos de Querétaro en la época colonial*. Recuperado de: <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-anteriores/65-vol-58-num-2-abril-junio-2007/alimentacion/105-cocina-despensa-y-comida-en-los-conventos-franciscanos-de-queretaro-en-la-epoca-colonial>
- Hausberger, B. (2015). *Miradas a la misión jesuita en la Nueva España*. El Colegio de México: México.
- Hilares, D. (2016). *Análisis Heráldico del Escudo de Armas de la Primera Orden Franciscana*. [imagen]. Recuperado de: https://issuu.com/danielhilaresletona/docs/an__lisis__her__ldico__del__escudo__de__
- Identidad Tepotzotlán. (2016). *Pinturas Rupestres*. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.facebook.com/identidadtepotzotlan/posts/1218654198157449/>
- INAH. (1964). *Colegios de Tepotzotlán. Restauración y Museología*. Instituto Nacional de Antropología e Historia: México.
- INAH. (S.D.). *LAS MISIONES, REFERENTE DE IDENTIDAD DEL NOROESTE DE MÉXICO. Misión Ángel Custodio de Batopilas, Chihuahua*. [fotografía]. Recuperado de: https://www.inah.gob.mx/images/boletines/2015_326/demo/#img/foto1.jpg
- INAH. (S.D.). *Mapoteca del Museo Regional de Querétaro*. [imagen] Recuperado de: https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/visitavirtual: 42

- Juan Pablo II. (1988). *Artículo I de la Constitución Apostólica Pastor Bonus*. Recuperado de: http://www.vatican.va/content/john-paul-ii/es/apost_constitutions/documents/hf_jp-ii_apc_19880628_pastor-bonus.html
- Kublesr, G. (1983). *Arquitectura mexicana del siglo XVI*, Fondo de Cultura Económica, México.
- La Ermita. (2007). *Regla de San Isidro de Sevilla*. Recuperado de: <http://www.hispanomozarabe.es/monacato/regl-isi.htm>
- Lastra, E. et al. (2000). *La Restauración de Ex Convento de Santo Domingo Oaxaca*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes DGE Ediciones México: México.
- Loreto News. (2018). *Museo de las misiones Jesuíticas*. [fotografía]. Recuperado de: <https://loretonews.com/news/museo-de-las-misiones-jesuisticas>
- Mapa del Mundo. (S.D.). *Satélit. Actualizado en tiempo real*. [imagen]. Recuperado de: <http://www.mapa-del-mundo.es/mapa/3d-mapa-del-mundo/>
- Marat, M. (S.D.). *Labores de restauración del Camarín de la Virgen de Loreto, en Tepotzotlán, en nuevo libro*. [fotografía]. Recuperado de: https://inah.gob.mx/images/boletines/2018_359/demo/#img/foto1.jpg
- Marsh, A. (2020). *Software Development*. [software]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html>
- Mediateca INAH y Museo Nacional de Querétaro. (2016). *Hemeroteca Museo Regional de Querétaro*. [varias imágenes]. Recuperado de: https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/visitavirtual:42
- Mediateca INAH. (2021). MUSEO REGIONAL DE QUERÉTARO. Recuperado de: https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/museo%3A1227
- Medina, A. (2017). *De adoratorios prehispánicos a capillas familiares otomís*. EVITERNA, REVISTA DE HUMANIDADES, ARTE Y CULTURA. No. 2, p.1-10. Recuperado de: <https://revistas.uma.es/index.php/eviterna/article/view/8131>
- Meli, R. (2011) *Los conventos mexicanos del siglo XVI: construcción, ingeniería estructural y conservación*. Instituto de Ingeniería, UNAM/Porrúa: Ciudad de México, México.

- Méndez de Monroy, T. (2012). *Extremadura, Castillos y Palacios. Sus pueblos*. [fotografía]. Catedral de Santa María en Mérida, España. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/extremaduracastillosypalacios/b/merida>.
- Mendoza, A. (2012). *Nueva España siglos XVI XVIII*. [imagen]. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/huitzil010/nueva-espaa-siglos-xvi-xviii-septiembre-2012>
- México desconocido. (2010). *Los conventos durante el siglo XVI*. Recuperado de: <https://www.mexicodesconocido.com.mx/los-conventos-durante-el-siglo-xvi.html>
- Miranda, E. (2017). *Descubriendo símbolos y escudos de órdenes religiosas. Dominicos*. [imagen]. Recuperado de: <http://eliasmirandag.com.mx/wp/2017/06/20/%EF%BB%BFdescubriendo-simbolos-y-escudos-de-ordenes-religiosas/>
- Miranda, E. (2017). *Descubriendo símbolos y escudos de órdenes religiosas. Agustinos*. [imagen]. Recuperado de: <http://eliasmirandag.com.mx/wp/2017/06/20/%EF%BB%BFdescubriendo-simbolos-y-escudos-de-ordenes-religiosas/>
- Monasterios de España. (2010). *Monasterio de Guadalupe*. [fotografía]. Recuperado de: <http://www.jdiezarnal.com/monasteriodeguadalupe.html>
- Morales, F. (1979). *Teoría y leyes de la conquista*. Ediciones Cultura Hispánica del Centro Iberoamericano de Cooperación: Madrid, España. Recuperado de: <https://www.historiadelnuevomundo.com/ordenanzas-de-felipe-ii-sobre-descubrimiento-nueva-poblacion-y-pacificacion-de-las-indias/>
- Morales, S. S.D. *Órdenes religiosas*. Recuperado de: https://www.academia.edu/32261086/Ordenes_religiosas
- Moreno, G. (2017). *Historia Geo-Política de Cananea y sus gobernantes hasta 1911*. [fotografía]. Recuperado de: http://cronicasdecanea.blogspot.com/2017/05/historiageo-politica-de-cananea-y-sus_14.html

- Navascués, J. (2018). *¡VIVA LA SOTANA! Documental de Agnus Dei Prod.* [fotografía]. Recuperado de: <https://www.hispanidadcatolica.com/2018/12/viva-la-sotana-un-documental-de-agnus-dei-prod>
- Neri, G. (2015). Monografía Municipal, Estado de México. H. Ayuntamiento Constitucional de Tepotzotlán. Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15095a.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2021). *Lista de registros en México.* Recuperado de: <https://whc.unesco.org/es/list/792#top>
- Padre Kino E. (1695) *California o Nueva Carolina: lugar de las obras apostólicas de la Compañía de Jesús en América Septentrional.* [fotografía]. Recuperado de: <https://www.wdl.org/es/item/134/>
- Pazos, A. (2015). *Plano de la Cartuja de Miraflores.* [fotografía]. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Plano_de_la_Cartuja_de_Miraflores_\(Burgos\).jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Plano_de_la_Cartuja_de_Miraflores_(Burgos).jpg)
- Pineda, J. (1997). *apud Quijada López., “Localización de sitios arqueológicos en la región de Jalpan”* en Querétaro Prehispánico.
- play.google.com (2015). *WindTunelFree Simulaitor.*
- Quadratín, (2018). *Expondrán los juguetes tradidcionales en Colegio Jesuita en Pátzcuaro.* [fotografía]. Recuperado de: <https://www.quadratin.com.mx/entretenimiento/cultura/expondran-los-juguetes-tradidcionales-en-colegio-jesuita-en-patzcuaro/>
- Rahlves Friedrich. (1969). *Catedrales y monasterios de españa*, Editorial Juventud, S.A.: España.
- Redacción Emaze. (2015). *Conquista de Tenochtitlan.* [fotografía]. Recuperado de: <https://www.emaze.com/@AORFIIZCO>
- Renalias, J. (2007). *Monasterio de Dan Cugat de Vallés.* [fotografía]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/San_Cugat_del_Vall%C3%A9s#/media/Archivo:Monestir_de_Sant_Cugat_-_Llevant.JPG

- Renalias, J. (2007). *Plánol Monestir de Sant Cugat*. [plano]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Monasterio_de_San_Cugat_del_Vall%C3%A9s#/media/Archivo:Pl%C3%A0nol_Monestir_de_Sant_Cugat.JPG
- Reynoso, A. (S.D.). *Jesuitas México. Nuestra Historia*. Recuperado de: <https://jesuitasmexico.org/jesuitas/nuestra-historia/>
- Rivera, A. (2017). *Encuentran plataforma piramidal bajo del Museo Nacional del Virreinato*. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.milenio.com/cultura/encuentran-plataforma-piramidal-museo-nacional-virreinato>
- Robert, R. (2005). *File: 1000 Year Temperature Comparison*. [gráfica]. Recuperado de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1000_Year_Temperature_Comparison.png
- Robles, M. (2015). *Microhistorias: La ruta de conventos dominicos de Oaxaca. Ex Convento de San Pedro y San Pablo Teposcolula*. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.sinembargo.mx/21-03-2015/1286953>
- Robles, M. (2015). *Microhistorias: La ruta de conventos dominicos de Oaxaca. Ex convento de Santo Domingo Yanhuitlán*. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.sinembargo.mx/21-03-2015/1286953>
- Rojas, P. (1963). *Historia General del Arte Mexicano. Época Colonial*. Editorial Hermes: México.
- Roma Insitutum Historicum Societatis Iesu. (1986). *Ratio atque Institutio Studiorum Societatis Jesu*, Volume 5 del Monumenta Paedagogica Sicietatis Iesu, ed. Ladislaus Luk'acs. Volume 129 della serie Monumenta Historica Societatis Iesu: Italia.
- Ruiz-Angulo, A. y López-Espinoza E., (2015). *Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: un experimento numérico*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana: México.
- Secretaría de Turismo Zacatecas. (2019). *Alojado en un antiguo colegio Jesuita del siglo XVII el Museo Pedro Coronel*. [fotografía]. Recuperado de:

- <https://www.facebook.com/ZacatecasTravel/posts/-conoce-un-poquito-de-todo-el-mundo-en-zacatecasdeslumbrante-alojado-en-un-antig/2207050782925448/>
- Servicio de Parques Nacionales, Departamento del Interior de Estados Unidos. (2016). *La Importancia de las Misiones Coloniales Españolas en Nuestra Historia Nacional y Nuestro Patrimonio Común con España, México y América Latina*. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.nps.gov/subjects/travelspanishmissions/la-importancia-de-las-misiones-coloniales-espanolas-en-nuestra-historia-nacional-y-nuestro-patrimonio-comun-con-espana-mexico-y-america-latina.htm>
 - Snihur, E. (2000). *Misiones: territorio de fronteras (1609-1895)*. Contratiempo: Argentina.
 - Soto, M. (2007). *LOS COLEGIOS DOMINICOS DE LA NUEVA ESPAÑA*. Recuperado de: <http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v09/ponencias/at09/PRE1178137072.pdf>
 - Tripadvisor. (2020). *El Cerrito Zona Arqueológica*. [fotografía]. Recuperado de: https://www.tripadvisor.es/LocationPhotoDirectLink-g3737872-d4662158-i233872552-El_Cerrito_Archaeological_Zone-El_Pueblito_Central_Mexico_and_Gulf_Coas.html
 - UNAM *et al.* (2009). *Ener-Habitat, Evaluación térmica de la envolvente arquitectónica*. Recuperado de: www.enerhabitat.unam.mx
 - Urquiaga, J. (2000). *LA RESTAURACIÓN del EX CONVENTO de SANTO DOMINGO. OAXACA*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. DGE Ediciones: México.
 - Varela M, *et al.* (2005). *Desempeño Bioclimático del Patio de las Casas Tradicionales de Guadalajara*. Memorias Cotedi, Vol. México D.F, México.
 - Vía México. (S.D.). *Toluquilla, leyenda bajo los árboles*. [fotografía]. Recuperado de: <https://viamexico.mx/toluquilla>
 - Viñas, J. (2013). *EL CLIMA DE LA TIERRA A LO LARGO DE LA HISTORIA*. Equipo sirus: España.
 - Vitrubio Polión, M. Traducción castellana de Lázaro de Velasco. (1999) *Los X*

libros de arquitectura. Biblioteca Pública de Cáceres: España.

- Wedland, J. (2020). *El Real Monasterio de Guadalupe en Cáceres*. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.hoteles.net/caceres/guadalupe/real-monasterio-guadalupe-caceres.html>
- Wikimedia foundation. (2010). *Evolución de la organización territorial de México*. [fotografía]. Recuperado de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/b/b6/20091204110505%21Mexico_1824.PNG
- Zarateman. (2008). *Claustro ruinoso del ex Monasterio de San Pedro de Montes, en Montes de Valdueza, El Bierzo, León, España*. [fotografía]. Recuperado de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Montes_de_Valdueza_-_Monasterio_de_San_Pedro_de_Montes5.jpg
- Zarateman. (2008). *Ruinas de San Pedro de Montes, en Montes de Valdueza, El Bierzo, León, España*. [fotografía]. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Monasterio_de_San_Pedro_de_Montes#/media/Archivo:Montes_de_Valdueza_-_Monasterio_de_San_Pedro_de_Montes3.jpg
- Zavala, J. (2008). *Los Dominicos en Oaxaca. Mueren los dioses*. Recuperado de: <https://eloficiodehistoriar.com.mx/2008/08/20/meren-los-dioses-la-conquista-de-oaxaca/>
- Zona turística. (S.D.). Zona Arqueológica Las Ranas. [fotografía]. Recuperado de: <https://www.zonaturistica.com/queretaro/zona-arqueologica-de-ranas>

Índice de figuras

Figura 1. Catedral de Ourense. (wikipedia.org, 2017)

Figura 2. Catedral de Santa María en Mérida, España. (Extremadura Castillos y Palacios, 2012)

Figura 3. El Pico de la Aquina y a su falda Montes de Valdueza en los Montes Aquilanos. (wikipedia.org, 2008)

Figura 4. Monasterio de San Pedro de Montes de Valdueza. (wikipedia.org, 2007)

Figura 5. *Ruinas de San Pedro de Montes, en Montes de Valdueza.* (Zarateman, 2008)

Figura 6. *Claustro ruinoso del ex Monasterio de San Pedro de Montes, en Montes de Valdueza.* (Zarateman, 2008)

Figura 7. Fotografía del Monasterio de San Cugat de Vallés. (Ranalias, 2007)

Figura 8. Planta de Conjunto. (Renalias, 2007)

Figura 9. Real Monasterio de Guadalupe. (hoteles.net, 2020)

Figura 10. Planta de Conjunto. (jdiezarnal.com, 2020)

Figura 11. Planta de conjunto de la Cartuja de Miraflores. (Pazos, 2015)

Figura 12. Vista del conjunto de la Cartuja de Miraflores. (Gadea, 2013)

Figura 13. Retablo interior de la Iglesia de la Cartuja de Miraflores. (Gadea, 2013)

Figura 14. Planta y alzado de la Iglesia de Jesús. (Arquiplus, 2021)

Figura 15. Iglesia del Gesú, Roma, Italia. (Alejo, 2007)

Figura 16. División territorial de la Nueva España. (Moreno, 2017)

Figura 17. Plano de México en 1824. (wikipedia.org, 2010)

Figura 18. Mapa con las zonas en las que se asentó cada orden (Redacción Emaze, 2015)

Figura 19. Mapa de la clasificación por *Bioclimas* para la República Mexicana (Fuentes-Figueroa, 1989)

Figura 20. Escudo de la Orden Franciscana. (Hilares, 2016)

Figura 21. Escudo de la Orden Dominica. (Miranda, 2017)

Figura 22. Escudo de la Orden Agustina. (Miranda, 2017)

Figura 23. Escudo de la Orden Jesuita. (Miranda, 2017)

Figura 24. Vestimenta tradicional de la orden franciscana. (franciscanosenmexico.com, 2018)

Figura 25. Zona Arqueológica de Toluquilla. (viamexico.mx, 2020)

Figura 26. Zona Arqueológica Las Ranas. (zonaturistica.com, S.D.)

Figura 27. Zona Arqueológica El Cerrito. (tripadvisor.com, 2020)

Figura 28. Capilla de Indios en Tolimán. (depaseo.com, 2020)

Figura 29. Interior de la Capilla de los Luna en Tolimán. (colonialmexico.blogspot.com, 2015)

Figura 30. Vista aérea del convento e iglesia de San Francisco de Querétaro. (Google Maps)

Figura 31. Etapas de crecimiento y disminución de los espacios del Convento Franciscano en Querétaro. (Museo Regional de Querétaro)

Figura 32. Fotografía de la Iglesia y conjunto religioso franciscano en Santiago de Querétaro. (David Ambriz)

Figura 33. Plano antiguo de la Iglesia y Convento Franciscano. (INAH)

Figura 34. Techo exterior en la planta alta del claustro principal. (Gloria Castorena)

Figura 35. Techo interior en la planta alta del claustro del Patio de los Naranjos (Gloria Castorena)

Figura 36. Techo del corredor en la planta alta del claustro principal. (Mediateca INAH Museo Nacional de Querétaro)

Figura 37. Techo del pasillo, planta alta del Patio de los Naranjos. (Mediateca INAH Museo Nacional de Querétaro)

Figura tal 38. Acabados en muros, planta alta del claustro de los Naranjos. (Gloria Castorena)

Figura tal 39. Acabado en muros, alta del claustro principal. (Gloria Castorena)

Figura tal 38. Acabados en muros, planta alta del claustro de los Naranjos. (Gloria Castorena)

Figura tal 39. Acabado en muros, alta del claustro principal. (Gloria Castorena)

Figura 42. Fachada interior del claustro principal. (Gloria Castorena)

Figura 43. Cantera en la fachada y remate de la torre. (Gloria Castorena)

Figura 44. Fotografía de acabados interiores en muros planta alta. (Gloria Castorena)

Figura 45. Fotografía de acabados en muros en planta baja. (Gloria Castorena)

Figura 46. Fotografía de humedad en cubierta. Sala permanente de Querétaro en la Historia Mexicana (Gloria Castorena)

Figura 47. Fotografía de humedad en muros. Espacios complementarios de la Parroquia. (Gloria Castorena)

Figura 48. Fotografía de puerta en la planta alta del claustro principal. (Gloria Castorena)

Figura 49. Fotografía de puerta interior en la planta alta del claustro del Patio de los Naranjos. (Gloria Castorena)

Figura 50. Imagen de los patios y edificios contiguos, forma orientación y proporción. (Gloria Castorena)

Figura 51. Fotografía del Patio Principal. (Museo Nacional de Querétaro)

Figura 52. Fotografía del Patio Principal. (Mediateca INAH)

Figura 53. Tabla de Temperatura radiante (primavera) en la Iglesia de San Francisco de Asís. (Gloria Castorena)

Figura 54. Fotografía aérea. (Google Maps)

Figura 55. Tabla de temperaturas radiantes al interior del Museo Regional de Querétaro. (Gloria Castorena)

Figura 56. Fotografía de banqueta exterior a la Iglesia y acceso al Museo Regional de Querétaro. (Gloria Castorena)

Figura 57, 58 y 59. Fotografías de ventanas y sección de iluminación natural. (INAH Hemeroteca Museo Regional de Querétaro)

Figura 60. Fotografía de ventanas y pechinas en bóveda como sistema de iluminación natural en el Refectorio. (INAH Hemeroteca Museo Regional de Querétaro)

Figura 61. Vestimenta tradicional de la orden dominica. (dominicos.org, 2017)

Figura 62. San Pedro y San Pablo en Teposcolula. (Robles, 2015)

Figura 63. Santo Domingo Yanhitlán. (*Idem.*)

Figura 64. Fotografía del Convento de Santo Domingo de Guzmán Oaxaca. (Aguilar, 2020)

Figura 65. Andador exterior con techo de bóveda y nervaduras. (Gloria Castorena)

Figura 66. Andador interior con bóveda de cañón corrido con el ladrillo expuesto. (Gloria Castorena)

Figura 67. Corredor exterior del Claustro Principal en Planta Alta, Los Arcos, columnas y fachada son de cantera. (Gloria Castorena)

Figura 68. Vista de los aros, columnas y pretil de cantera. (Gloria Castorena)

Figura 69. Fotografía del sistema directo de iluminación a través de los vanos. (Gloria Castorena)

Figura 70. Fotografía del sistema de iluminación a través de ductos de luz. (Gloria Castorena)

Figura 71. Fotografía del claustro de las procesiones. (Gloria Castorena)

Figura 72. Fotografía del claustro de los estudios. (Gloria Castorena)

Figura 73. Corte transversal. Cuerpo de provinciales y hospedería. (Urquiaga, 2000)

Figura 74. Corte transversal. Salón con celda y corredor en planta alta. (*Idem.*)

Figura 75. Fotografía del sistema de tratamiento de las aguas servidas. (Gloria Castorena)

Figura 76. Fotografía de reloj solar para las horas de la mañana. (Gloria Castorena)

Figura 77: Fotografía de reloj solar para las horas de la tarde. (Gloria Castorena)

Figura 78. Vestimenta tradicional de la orden de los jesuitas. (Navascués, 2018)

Figura 79. Centro Cultural, antiguo Colegio Jesuita Pátzcuaro, Michoacán. (Quadratín, 2018)

Figura 80. Museo Pedro Coronel, antiguo Colegio Jesuita, Zacatecas. (Secretaría de Turismo Zacatecas, 2019)

Figura 81. Misión Ángel Custorio de Batopilas, Chihuahua. (INAH, S.D.)

Figura 82. Museo de la Misiones Jesuitas, Ex convento Jesuita, Loreto B.C.S. (Loreto News, 2018)

Figura 83. Misioneros jesuitas desde el primer contacto hecho entre el Padre Kino y los indios O'odham en 1691. (Servicio de Parques Nacionales, Departamento del Interior de Estados Unidos, 2016)

Figura 84. California o Nueva Carolina: Lugar de las Obras Apostólicas de la Sociedad de Jesús en la América Septentrional. Padre Eusebio Francisco Kino. (1695)

Figura 85. Fotografía aérea del Municipio de Tepotzotlán. (google.com 2021)

Figura 86. Pinturas rupestres en Cañadas de Cisneros, Tepotzotlán. (Identidad Tepotzotlán, 2016)

Figura 87. Fotografía de las figurillas encontradas en el MNAVI. (Rivera, 2017)

Figura 88. Fotografía aérea del conjunto con la selección de las edificaciones franciscanas, Tepotzotlán. (google.com, 2021)

Figura 89. Fotografía de las Bodegas. (google.com, 2021)

Figura 90. Plano de conjunto del Ex colegio Jesuita (Gloria Castorena)

Figura 91. Fotografía del Patio de los Aljibes. (google.com, 2021).

Figura 92. Fotografía de la bajada de agua y sistema de filtrado. (google.com, 2021).

Figura 93. Fotografía del Refectorio. (google.com, 2021).

Figura 94. Fotografía del lavatorio en el ante refectorio. (google.com, 2021).

Figura 95. Fotografía del Patio de las Cocinas. ([google.com](https://www.google.com), 2021).

Figura 96. Cava y Frigorífico, con el muro llorón. (google.com, 2021).

Figura 95. Fotografía del Patio de las Cocinas. ([google.com](https://www.google.com), 2021).

Figura 96. Cava y Frigorífico, con el muro llorón. (google.com, 2021).

Figura 99. Fotografía del Templo dedicado a San Francisco Javier. (google.com, 2021).

Figura 100. Interior de la Iglesia. (google.com, 2021).

Figura 101. Fotografía del andador arbolado de la huerta. (google.com, 2021).

Figura 102. Fotografía de los Secadores solares. ([google.com](https://www.google.com), 2021).

Figura 103. Fotografía de los molinos. (google.com, 2021).

Figura 104. Fotografía del estanque de agua. (google.com, 2021).

Figura 105. Fotografía satelital de Tepotzotlán. ([google.com](https://www.google.com), 2021).

Figura 106. Tabla forma y proporción de los patios en el Convento Jesuita de Tepotzotlán. (Gloria Castorena)

Figura 107. Plano de la planta arquitectónica del Claustro de los Aljibes. (Gloria Castorena)

Figura 108. Fotografía del Patio de los Aljibes. (Gloria Castorena)

Figura 109. Plano de la planta arquitectónica y fotografía del Patio de los Naranjos. (Gloria Castorena)

Figura 110. Fotografía del Patio de los Naranjos (INAH)

Figura 111. Planta arquitectónica de la Capilla Doméstica con áreas anexas y Fotografía del altar principal. (Gloria Castorena)

Figura 112. Fotografía del altar principal de la Capilla Doméstica. (Gloria Castorena)

Figura 113. Fotografía de las edificaciones de los molinos jesuitas en Tepotzotlán. (Gloria Castorena)

Figura 114. Fotografía de materiales de construcción. (Gloria Castorena)

Figura 115. Fotografía de materiales y acabados interiores. (Gloria Castorena)

Figura 116. Fotografía de aplanados interiores y pintura a la cal. (Gloria Castorena)

Figura 117. Fotografía de los sistemas de iluminación natural (google.com, 2021).
(google.com, 2021)

Figura 118. Sistema de iluminación natural con alabastro (luz ámbar) y ventana transparente.
(google.com, 2021)

Figura 119. Plano de la planta de las ventanas y lectura en Klux. (Gloria Castorena)

Figura 120. Fotografía de las ventanas analizadas. (Gloria Castorena)

Figura 121. Fotografía de la exclusiva térmica, lumínica y acústica del Claustro de los Naranjos hacia la Huerta. (google.com, 2021)

Figura 122. Fotografía de andador que comunica el Anterefectorio y el Patio de las Cocinas.
(google.com, 2021)

Figura 123. Fotografía de los retablos, púlpito y coro en el Templo a San Francisco Javier.
(google.com, 2021)

Figura 124. Fotografía del Púlpito. (google.com, 2021)

Figura 125. Oscilación térmica interior y exterior. (Gloria Castorena)

Figura 126. Temperaturas exterior e interior. (Gloria Castorena)

Figura 127. Tabla de las aberturas existentes en el conjunto religioso jesuita. (Gloria Castorena)

Figura 128. Ventana con ensanchamiento de muros perimetrales y en las cubiertas. (google.com 2021)

Figura 129. Ventana hacia el Patio de las Cocinas. (google.com 2021)

Figura 130. Planta del Camarín de la Virgen. (Gloria Castorena)

Figura 131. Fotografía del interior. Autoría: Marat, INAH

Figura 132. México visto desde el espacio. (Mapa del mundo, S.D.)

Figura 133. Gráfico de Temperaturas Tepetzotlán, Estado de México. (Gloria Castorena)

Figura 134. Gráfico del comportamiento Histórico de la Precipitación Total Anual Tepetzotlán, Estado de México. (Gloria Castorena)

Figuras 135. Fotografía aérea 1960. (Google Maps)

Figura 136., Fotografía aérea 1970. (Google Maps)

Figura 137. Fotografía aérea 1992. (Google Maps)

Figura 138. Fotografía aérea 2004. (Google Maps)

Figura 139. Fotografía del crecimiento urbano 2000. (Google Maps)

Figura 140. Gráfico de la temperatura restaurada. (Robert, 2005)

Figura 141. Relación del rango promedio y las diferencias absolutas en temperatura máxima y mínima, en grados Celsius para las simulaciones sin lago y con lagos. Los cálculos se muestran considerando los dos meses secos (enero - febrero) y los meses lluviosos (agosto - septiembre). Valores tomados del artículo Estimación de respuesta térmica del Valle de México en el siglo XVI de Ruíz y López. (*Idem.*)

Figura 142. Fotografía satelital de la Capital del Estado de Querétaro, Santiago de Querétaro. (google.com, 2021)

Figura 143. Tabla de Temperaturas. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 144. Tabla de Días Grado. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 145. Tabla de Radiación Solar en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 146. Tabla de Humedad, Precipitación e Índice ombrotérmico en Querétaro Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 147. Tabla de humedades en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 148. Carta Psicrométrica para la obtención de Humedad Relativa en Querétaro. Autoría: Andrew Marsh (2021). <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html>

Figura 149. Gráfica del comportamiento anual de la Humedad Relativa en Querétaro. Autoría: Andrew Marsh (2021). <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html>

Figura 150. Tabla de Fenómenos Especiales en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 151. Diagrama de Rosa de los Vientos en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 152. Velocidad media por orientación en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 153. Porcentaje de Calmas en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 154. Gráfico de Temperaturas en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 155. Gráfico de Radiación Solar en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 156. Datos horarios de temperatura en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 157. Tabla de Días grado de calentamiento y enfriamiento en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 158. Tabla de Índice ombrotérmico en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 159. Gráfica de humedad relativa máxima y mínima en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 160. Gráfico de precipitación total y evaporación en Querétaro. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 161. Tabla de Datos Horarios de Humedad Relativa en Querétaro, Estación Meteorológica: EDG. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 162. Tabla de Datos Horarios de Humedad Relativa en Querétaro, Estación Meteorológica: Aeropuerto. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 163, Tabla de viento en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto en Querétaro

Figura 164. Diagrama de Carta Bioclimàtica por V. Olgyay para Querétaro,. Autoria: Gòmez Azpeitia (2016) bioclimarq

Figura 165. Diagrama de Diagrama Psicrometrico por S. Szokolay para Quétaro. Autoria Andrew March (2021)

Figura 166. Tabla de análisis del clima en Querétaro. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 167. Triángulos de Evans. Autoría: Gómez-Azpetia (2016). bioclimaq

Figura 168. Predicción del voto medio (PVM) y personas satisfechas e insatisfechas (PPD). Fanger en Querétaro. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 169. Cuestionario de Mahoney en Querétaro. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 170. Fotografía satelital de la Capital del Estado de Oaxaca. (google.com, 2021)

Figura 171. Tabla de Temperatura y Días Grado de calentamiento y de enfriamiento de Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 172. Tabla de Temperaturas y tabla de Días Grado. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 173. Tabla de Elementos Climatológicos: humedad, recipitación, nubosidad e índice ombrotérmico en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 174. Tabla de Radiación Solar en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 175. Tabla de Fenómenos Especiales en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 176. Tabla de viento en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 177. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Enero. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 178. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Febrero. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 179. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Marzo. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 180. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Abril. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 181. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Mayo. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 182. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Junio. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 183. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Julio. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 184. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Agosto. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 185. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Septiembre. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 186. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Octubre. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 187. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Noviembre. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 188. Gráficas mensuales de la Rosa de los Vientos: Diciembre. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 189. Gráfico de Temperaturas máximas y mínimas en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 190. Gráfico de Humedad máxima y mínima en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools. Figura 191. Gráfico de Radiación Solar máxima en Oaxaca

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 192. Gráfico de Días Grado en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 193. Gráfico de Velocidad de Viento en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 194. Gráfico de Sensaciones Térmicas en Oaxaca. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 195. Tabla y gráfico de Datos Horarios de Temperatura con simbología de color en relación al confort térmico. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 196. Tabla y gráfico de Datos Horarios de Temperatura con simbología de color en base al confort higrotrémico. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 197. Diagrama de Carta Bioclimática por V. Olgyay para Oaxaca. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 198. Diagrama Psicrométrico por S. Szokolay para Oaxaca. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 199. Triángulos de Confort de M. Evans para Oaxaca. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016) bioclimarq

Figura 200. Predicción del Voto medio (PVM) y personas insatisfechas (PPD) de Fanger en Oaxaca. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 201. Tabla de Cuestionario de Mahoney. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). Bioclimarq

Figura 202. Fotografía satelital de la Capital del Estado de Tepotzotlán, en el Estado de México. (google.com, 2021). Figura 203. Tabla de Temperaturas en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 204. Tabla de Días Grado de calentamiento y enfriamiento en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 205. Tabla de Humedad Relativa en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 206. Tabla de Precipitación Pluvial en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 207. Tabla de Índice Ombrotérmico. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 208. Tabla de Radiación Solar en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 209. Tabla de Nubosidad en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 210. Tabla de Fenómenos Especiales en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 211. Tabla de Viento. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 212. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Enero. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 213. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Febrero. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 214. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Marzo. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 215. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Abril. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 216. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Mayo. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 217. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Junio. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 218. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Julio. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 219. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Agosto. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 220. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Septiembre. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 221. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Octubre. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 222. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Noviembre. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 223. Tabla de la rosa de los vientos de los doce meses del año. Diciembre. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 224. Gráfico de Temperatura máxima y mínima en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 225. Gráfico de Radiación Solar Solar en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 226. Gráfico de Días Grado de calentamiento y enfriamiento en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 227. Gráfico de Humedad máxima y mínima en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 228. Gráfico de velocidad máxima y media del Viento en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 229. Gráfico de Sensaciones Térmicas. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 230. Tabla de datos horarios de Temperatura con simbología de color con base en el confort térmico en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 231. Tabla de datos horarios de Humedad Relativa con simbología de color con base en el confort higrométrico en Tepotzotlán. Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 232. Diagrama de Carta Bioclimática por V. Olgyay. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 233. Diagrama Psicrométrico por S. Szokolay. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 234. Triángulos de Confort de M. Evans en Tepotzotlán.

Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 235. Predicción del Voto medio (PVM) y personas insatisfechas (PPD) de Fanger en Tepotzotlán. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 236. Tabla de Cuestionario de Mahoney en Tepotzotlán. Autoría: Gómez-Azpeitia (2016). bioclimarq

Figura 237. Gráfico de: Temperatura. Autoría: Fuentes-Freixanet (2014) Bioclimatical Analysis Tools

Figura 238. Rosa de los vientos: Marzo. Autoría: Fuentes-Freixanet (2014) Bioclimatical Analysis Tools

Figura 239. Gráfico de Velocidad media por orientación. Autoría: Fuentes-Freixanet (2014) Bioclimatical Analysis Tools

Figura 240. Simulación del comportamiento del viento por temperatura. Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

Figura 241. Simulación del comportamiento del viento por temperatura. Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

Figura 242. Simulación del comportamiento del viento por temperatura. Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

Figura 243. Simulación del comportamiento del viento por temperatura. Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

Figura 244. Simulación del comportamiento del viento por temperatura. Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

Figura 245. Simulación del comportamiento del viento por temperatura. Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

Figura 246. Tablas de viento. Autoría: Fuentes-Freixanet (2014). Bioclimatical Analisis Tools

Figura 247. Tablas de viento. Autoría: Fuentes-Freixanet (2014). Bioclimatical Analisis Tools

Figura 248. Tablas de viento. Autoría: Fuentes-Freixanet (2014). Bioclimatical Analisis Tools

Figura 249. Gráfico de Temperatura Efectiva Corregida de Bedford (1947). Autoría: Bedford

Figura 250. Simulación del comportamiento del viento en un corte longitudinal del frigorífico en Tepetzotlán. Autoría: Gloria Castorena vía WindTunelFree (2015)

Figura 251. Mediciones de temperatura de superficie en La cava y el Frigorífico. Autoría: Gloria Castorena.

Figura 252. Corte en el Patio de los naranjos en Tepetzotlán. (INAH, 1964)

Figura 253. Corte transversal en las letrinas del noviciado, en Oaxaca. (Ibarra, B. y Hernández, J., 2000).

Figura 254. Análisis de la oscilación térmica y factor de decremento de un muro norte, en el mes de mayo en Tepetzotlán. (Gloria Castorena)

Figura 255. Análisis del efecto del Retardo Térmico en cinco sistemas constructivos en Tepetzotlán. (Gloria Castorena)

Figura 256. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo, norte en Tepetzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 257. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo, sur en Tepetzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 258. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo poniente en Tepotzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 259. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo este en Tepotzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 260. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre en Tepotzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 261. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre en Tepotzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 262. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre en Tepotzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 263. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre en Tepotzotlán. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 264. Gráfica de la temperatura interior del muro SC4 en mayo y diciembre en Tepotzotlán. (Gloria Castorena)

Figura 265. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo norte en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 266. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo sur en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 267. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo este en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 268. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo poniente en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 269. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre norte en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 270. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre este en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 271. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre sur en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 272. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre oeste en Querétaro. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figuras 273. Gráfica de la temperatura interior del muro SC4 en mayo y diciembre en Querétaro. (Gloria Castorena)

Figura 274. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo norte en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 275. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo este en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 276. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo sur en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 277. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de mayo poniente en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 278. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre norte en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 279. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre este en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 280. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre sur en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 281. Gráficas del comportamiento de la temperatura en los cinco sistemas constructivos en el mes de diciembre oeste en Oaxaca. (UNAM, et. Al. Ener-habitat, 2009)

Figura 282. Gráfica del comparativo de las temperaturas del muro de piedra de 70 cm, en orientación norte en Oaxaca, Querétaro y Tepetzotlán. (Gloria Castorena)

Figura 283. Gráfica del comparativo de las temperaturas del muro de piedra de 70 cm, en orientación sur en Oaxaca, Querétaro y Tepetzotlán. (Gloria Castorena)

Figura 284. Tabla de datos horarios de Temperatura son simbología de color con base en el confort térmico en Oaxaca.

Autoría: Fuentes-Freixanet. (2014) Bioclimatical Architectural Tools.

Figura 286. Recorrido solar en primavera a las 7:00 horas en Oaxaca. Recuperado de: Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 287. Recorrido solar en primavera a las 8:00 horas en Oaxaca. Recuperado de: Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 288. Recorrido solar en primavera a las 9:00 horas en Oaxaca. Recuperado de: Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 289. Recorrido solar en primavera a las 10:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path (Marsh 2020)

Figura 290. Recorrido solar en primavera a las 10 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 291. Recorrido solar en primavera a las 12:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path (Marsh 2020)

Figura 292. Recorrido solar en primavera a las 13:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 293. Recorrido solar en primavera a las 14:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 294. Recorrido solar en primavera a las 15:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 295. Recorrido solar en primavera a las 16:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 296. Recorrido solar en primavera a las 17:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 297. Recorrido solar en primavera a las 18:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 298. Recorrido solar en primavera a las 18:25 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 299. Recorrido solar en invierno a las 7:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 300. Recorrido solar en invierno a las 8:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 301. Recorrido solar en invierno a las 9:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 302. Recorrido solar en primavera a las 10:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path (Marsh 2020).

Figura 303. Recorrido solar en invierno a las 11:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 304. Recorrido solar en invierno a las 16:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 305. Recorrido solar en invierno a las 13:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 306. Simulaciones de trayectoria solar en invierno a las 14:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path (Marsh 2020).

Figura 307. Recorrido solar en invierno en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path (Marsh 2020).

Figura 308. Recorrido solar en invierno a las 16:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 309. Recorrido solar en invierno a las 17:00 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 310. Recorrido solar en invierno a las 17:40 horas en Oaxaca. Recuperado del Software Development, Sun Path. (Marsh 2020).

Figura 311. Tabla comparativa de estrategias de diseño y tecnologías ambientales. (Gloria Castorena)

Glosario

Abocardado: Ensanchar la boca de un tubo o de un agujero. (1)

Aljibe: Depósito subterráneo de agua. (1)

Apantle: Del náhuatl atláqua y pantli 'hilera, fila'. Acequia para regar. (1)

Bioclima: Tipo de clima que se distingue según el conjunto de factores climáticos que afectan al desarrollo de los seres vivos. Oxford Languages

Bruñido: Acción y efecto de bruñir. Reluciente. (1)

Calmécac: Escuela para los hijos de la nobleza azteca. www.ecured.cu

Cartuja: monasterio o convento de la Orden de la Cartuja. (1)

Claustro: Del latín medieval claustrum 'claustro de un monasterio'. Galería que cerca el patio principal de una iglesia o convento. (1)

Cosmogónica: Perteneciente a la cosmogonía. Relativo a los orígenes del mundo.

Dicasterio: En la curia romana, antiguamente, tribunal del que no forma parte ningún cardenal. (1)

Dogma: Conjunto de creencias de carácter indiscutible y obligado para los seguidores de cualquier religión. (1)

Ermita: Capilla o santuario, generalmente pequeños, situados por el común en despoblado y que no suelen tener culto permanente. (1)

Frigorífico: Cámara o mueble que produce frío para conservar alimentos u otras sustancias. (1)

Guardianía: Territorio que tiene señalado cada convento de frailes franciscanos para pedir limosna en los pueblos comprendidos en él. (1)

Hostería: Casa donde se da comida y alojamiento mediante pago. (1)

Huano: FAMILIA: Palmae. NOMBRE CIENTÍFICO: Sabal japa. (C. Wright. Ex HH. Bartlett)

Jagüey: Zanja llena de agua, ya artificialmente, ya por filtraciones naturales del terreno. (1)

Lucernario: Torre con ventanas que remata algunos edificios. (1)

Matlatzinca: Pobladores del Valle de Toluca. (www.gob.mx)

Mendicante; Que mendiga (El pide limosna de puerta en puerta). (1)

Novohispano: Perteneciente o relativo a la Nueva España, antiguo virreinato de la América colonial, hoy México. (1)

Otomiana: Población del Valle de México durante el florecimiento de Teotihuacán. Proveniente de la cultura Otomí. (historiaycultura.azc.uam.mx)

Postigo: Tablero sujeto con bisagras o goznes en el marco de una puerta o ventana para cubrir cuando conviene la parte encristalada. (1)

Priorato: En la Orden de San Benito, casa en que habitaban algunos monjes pertenecientes a un monasterio principal, cuyo abad nombra el supremo inmediato, llamado prior, para que los gobierne. (1)

Púlpito: Plataforma pequeña y elevada con antepecho y tornavoz que hay en algunas iglesias para predicar desde ella y hacer otros ejercicios religiosos. (1)

Refectorio: En las comunidades y en algunos colegios, habitación destinada para juntarse a comer. (1)

Sala Capitular: En los monasterios, sala destinada a las reuniones del cabildo o del capítulo. (1)

Secular: Dicho de un sacerdote o del clero: Que vive en el siglo, a distinción del que vive en clausura. (1)

Sotacoro: Lugar bajo el coro. (1)

Telpochcalli: Náhuatl 'casa de los mancebos o de los jóvenes. Institución a la que acudían en su gran mayoría los jóvenes mexicas, con excepción de los nobles. (arqueologiamexicana.mx)

Temazcal: Del náhuatl temazcilli 'casa de baños'. Casa baja de adobe donde se toman baños de vapor. (1)

Teocalli: del Náhuatl teocalli 'casa de un dios'. (1)

Vicario: Persona que en las ordenes regulares tiene las veces y autoridad de alguno de los superiores mayores, en caso de la ausencia, falta o indisposición. (1)

(1) Real Academia Española. Diccionario de la lengua española, Edición del Tricentenario (2020).