



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE ARQUITECTURA

TEMPLO DE SAN JUAN BAUTISTA DE YECAPIXTLA
MORELOS
Edificación, arquitectura y estructura

TESIS

Para obtener el título de Licenciado en Arquitectura

Presenta:

Jonathan López Galván

Directora de Tesis:

Dra. Natalia García Gómez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE ARQUITECTURA

TEMPLO DE SAN JUAN BAUTISTA DE YECAPIXTLA
MORELOS
Edificación, arquitectura y estructura

TESIS

Para obtener el título de Licenciado en Arquitectura

Presenta:

Jonathan López Galván

Directora de Tesis:

Dra. Natalia García Gómez

Sinodales

Mtra. Perla Sonia Posada Vique

Dr. Francisco Salvador Granados Saucedo

Dra. Patrizia Granziera

Dr. Miguel Ángel Cuevas Olascoaga

Agradecimientos

Immensa gratitud a mi tutora, la Dra. Natalia García Gómez, por sus enseñanzas y apoyo que fueron fundamentales para el desarrollo y culminación del trabajo de investigación presente.

Especialmente a mis padres, Josué López Báez y Julia Galván Jiménez, a mis hermanos Emmanuel y David por su sacrificio, paciencia y apoyo incondicional.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo financiero otorgado durante la realización del presente trabajo.

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y a la Facultad de Arquitectura por abrirme sus puertas e impulsarme a buscar nuevos conocimientos que me ayudaron a mi desarrollo profesional.

A mis sinodales: Mtra. Perla Sonia Posada Vique, Dr. Francisco Granados Saucedo, Dra. Patrizia Granziera y el Dr. Miguel Ángel Cuevas Olascoaga por el tiempo otorgado para la revisión, corrección y comentarios que me brindaron para mejorar este trabajo.

A todos mis familiares, amigos y profesores, que de alguna u otra forma me ayudaron y alentaron para seguir adelante.

A las unidades académicas por las facilidades otorgadas para el uso de sus instalaciones durante el desarrollo de este trabajo: AGN (Archivo General de la nación), ENCRyM (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete"), Biblioteca Central UAEM, Biblioteca FAUAEM, Centro INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia) Delegación Morelos, Bibliotecas INAH, Biblioteca Abraham Rivera Cuautla y Biblioteca pública municipal de Yecapixtla.

¡Mi más sincero agradecimiento a todos!

Índice

Introducción.....	V
Planteamiento y justificación del problema.....	V
Objetivos.....	VII
Metodología.....	VII
Contenido de la tesis.....	VIII
1. El convento de San Juan Bautista en Yecapixtla, Morelos.....	10
1.1 La orden agustina en Europa y en la Nueva España.....	11
1.2 Arquitectura conventual agustina en la Nueva España.....	14
1.3 Los conventos agustinos en Morelos.....	17
1.4 La orden agustina en Yecapixtla, Morelos.....	20
1.4.1 Reseña histórica de Yecapixtla, Morelos.....	20
1.4.2 Antecedentes históricos del convento de San Juan Bautista.....	23
1.4.3 Descripción del convento de San Juan Bautista y su templo.....	25
2. Edificación y arquitectura del templo de San Juan Bautista, propuesta de conservación.....	28
2.1 Arquitectura del templo de San Juan Bautista.....	29
2.2 Etapas constructivas del templo de San Juan Bautista.....	35
2.2.1 Materiales y elementos estructurales del templo.....	39
2.3 Estado actual del templo.....	43
2.3.1 Daños encontrados en el inmueble.....	43
2.3.2 Historial de intervenciones.....	45
2.3.3 Conservación del templo de Yecapixtla.....	47
2.3.4 Normatividad.....	51
3. Estudio de proporciones y cálculo tradicional en el templo.....	53
3.1 Proporciones usadas en arquitectura.....	54
3.2 Los tratados y la arquitectura de la Nueva España.....	55
3.3 Reglas de proporción en el diseño del templo de Yecapixtla.....	56
3.3.1 Reglas de proporción.....	56
3.3.2 Estudio de la planta arquitectónica.....	58
3.3.3 Estudio de la nave.....	62
3.3.4 Estudio geométrico de la fachada y la torre.....	65
3.3.5 Estudio de los elementos estructurales.....	67
4. Estudio de los elementos estructurales básicos del templo.....	70
4.1 Métodos de análisis.....	71
4.2 Estudio del equilibrio de fuerzas.....	72
4.2.1 Método para calcular líneas de presiones.....	74
4.2.2 Sección de la nave de la iglesia.....	74
4.2.3 Cálculo y dibujo de línea de presiones.....	76
4.3 Análisis elástico lineal.....	80
4.3.1 Método de elementos finitos.....	80

4.3.2 Estudio de la nave de la iglesia de Yecapixtla con el método de elementos finitos.....	81
Comentarios finales.....	85
Conclusiones.....	88
Anexos.....	90
Referencias.....	120

Introducción.

El paisaje construido que podemos observar en las poblaciones más antiguas de México suele estar enmarcado por cerros y colinas cubiertos con árboles, entre los cuales es frecuente ver como resaltan los volúmenes de las emblemáticas construcciones religiosas del siglo XVI. Este siglo estuvo lleno de cambios, pues junto con la colonización venía como su principal justificación el promover la evangelización de los pueblos indígenas. A raíz de este hecho, dicha etapa se caracterizó principalmente por la aparición de la arquitectura conventual, destacando por la sencillez de sus contornos y volúmenes. Estos edificios son una herencia que fusiona técnicas constructivas de los antiguos pueblos prehispánicos y de los europeos, por las cuales lograron crear una nueva arquitectura en aquella época.

Así, tenemos la presencia de iglesias y conventos construidos en el primer siglo de evangelización de la Nueva España en los que fueron desarrolladas nuevas técnicas constructivas y aplicaron elementos arquitectónicos poco conocidos por los nativos, como el uso de bóvedas, entre los más relevantes. El poblado de Yecapixtla, en el actual estado de Morelos cuenta con una de las mencionadas edificaciones, conocida como el ex convento de San Juan Bautista; éste, al igual que muchos otros de aquel período, ha sobrevivido durante siglos, y constituyen un patrimonio necesario de preservar, con el fin de que generaciones posteriores sigan siendo herederos de estas creaciones.

El presente trabajo se desarrolla para analizar el templo del ex convento de San Juan Bautista de Yecapixtla, pues en lo personal me he dado cuenta de la gran importancia y valoración que representa para dicho poblado y para el estado de Morelos, conocer e identificar sus características y como éstas pueden ser útiles para la toma de decisiones relacionadas con su protección y conservación como patrimonio arquitectónico.

Planteamiento y justificación del problema.

Los edificios conventuales del siglo XVI forman parte de una arquitectura que ha sido objeto de diferentes análisis y estudios realizados por parte de renombrados investigadores, plasmados en fuentes bibliográficas convertidas en clásicas. No obstante, esos estudios se han dado de forma general, y dada su amplitud, no siempre han podido profundizar en el desarrollo constructivo de los edificios conventuales individualmente. Como es sabido, cada uno de estos edificios es un caso particular que, en su mayoría, tuvieron un proceso edificatorio constituido por diferentes etapas constructivas y las cuales frecuentemente no son muy claras de ver, algunos comenzados por una orden mendicante y terminados por otra.

Se presume, por las crónicas de la época, que aquellas construcciones fueron levantadas con el método de prueba y error, pues hay noticias en donde hacen mención de los frecuentes colapsos, sobre todo al inicio (Meli, 2011: p. 77); en su mayoría los conventos fueron edificados con dificultades, postergando así su desarrollo constructivo; uno de los factores a los que se enfrentaron sus constructores fue la escases de los materiales en algunas regiones. Aunque, las construcciones conventuales han permanecido durante siglos, pueden existir diversos factores que dificulten su estabilidad con el paso del tiempo teniendo como consecuencia diferentes tipos de intervenciones; que en muchos de los

casos han dejado de lado la importancia de preservar la originalidad de la edificación provocando diferentes tipos de alteraciones. Por ello es importante tener conocimientos suficientes de las características estructurales de edificios como la iglesia del ex convento de Yecapixtla, de la cual existen algunos estudios relacionados con su historia y arquitectura, pero son escasos los que tienen conocimientos relacionados con sus sistemas constructivos y el proceso de su edificación, además del comportamiento de su estructura. Estos conocimientos pueden servir como una base para su conservación, pues este edificio presenta deterioros y alteraciones provocados por su uso constante y por acciones naturales a los que se ha enfrentado, como los sismos, y a los cambios surgidos en las propiedades de sus materiales o la deformación de la geometría de sus elementos estructurales a lo largo de su existencia.

Los edificios de mampostería antiguos fueron realizados con diferentes criterios a los que se utilizan para construcciones actuales hechos con este material. Desconocemos cuáles de ellos se utilizaron para levantar edificios abovedados de grandes dimensiones como la iglesia de Yecapixtla. Para la conservación de una construcción de este tipo se requiere conocer estos criterios, con el fin de lograr trabajos de conservación pertinentes que no lo afecten y provoquen su pérdida. Como una acción previa para trabajos de restauración es necesario conocer con profundidad los antecedentes edificatorios y las bases de su estabilidad, que ayude a optar por la solución más favorable. Por ello es necesario un estudio de este tipo en la iglesia del ex convento de San Juan Bautista.

La construcción del templo conventual de San Juan Bautista de Yecapixtla Morelos fue desarrollada en diferentes etapas, según datos recabados sobre esta edificación nos indican que fue iniciada por una orden mendicante y finalizada por otra distinta. Seguramente la práctica de cada etapa se dio por los problemas que pudieron presentarse durante su ejecución, mejorando cada vez su estabilidad y sus características estructurales hasta lograr un edificio perdurable a lo largo de varios siglos tal y como lo observamos hoy en día. Esta evolución constructiva fue muy importante, pues al igual que en Yecapixtla, ésta estuvo presente en edificios similares construidos en la misma época; sin embargo aún surgen algunas interrogantes, ¿Cuáles fueron esas pautas que han permitido la seguridad de la estabilidad del edificio?, ¿Se tenía la información constructiva suficiente para poder lograr una edificación perdurable por mucho tiempo?, ¿Realmente se siguió una regla constructiva y que tan importante ha sido ésta para la persistencia de la estructura del edificio?, ¿Qué tan importante es conocer el comportamiento actual de su estructura y como ésta puede influir a la toma de decisiones para preservar o en otro de los casos para intervenir al edificio? Seguramente un estudio de las reglas antiguas de proporción puede ayudarnos a conocer mejor la iglesia, ya que, en los edificios construidos en siglos pasados, sobre todo anteriores al siglo XIX, se emplearon métodos de proporción realizados por distintos tratadistas y constructores para obtener el dimensionamiento de los elementos que conforman su estructura. Aunque no es posible identificar cuáles de ellos fueron utilizados en edificios particulares, podemos tomarlos y aplicarlos en edificios como la iglesia del ex convento de San Juan Bautista, con el fin de conocer las bases de su construcción. Además, también es importante conocer el comportamiento actual de su estructura por lo que análisis básicos aplicados mediante el cálculo de línea de presiones y con el método de elementos finitos nos pueden generar esa pauta.

Objetivos.

Objetivo General

Identificar los métodos o principios estructurales utilizados en la construcción del templo del ex convento de San Juan Bautista en Yecapixtla Morelos que han garantizado su estado de conservación a lo largo del tiempo.

Objetivos particulares

- Estudiar el contexto histórico y cultural de la construcción del complejo arquitectónico de San Juan Bautista, Yecapixtla.
- Identificar sus posibles etapas constructivas, los materiales del inmueble y los elementos estructurales que lo conforman.
- Identificar las intervenciones experimentadas en el edificio con el fin de valorar su estado de conservación e identificar los principales factores que las han dañado.
- Analizar si existe una relación entre las proporciones empleadas en la realización constructiva del inmueble y los tratados antiguos de arquitectura.
- Conocer las ventajas del cálculo de línea de presiones para comprender el funcionamiento de una estructura de mampostería antigua y utilizarla en la iglesia.
- Conocer las posibilidades del software ANSYS realizando un análisis elástico lineal en una sección de la nave. El propósito es hacer un estudio cualitativo e identificar las zonas que se encuentran bajo esfuerzos de tensión y compresión de mayor magnitud, comparando los resultados con los del cálculo de línea de presiones.

Metodología.

El desarrollo inicial de esta tesis se dio en dos fases; por un lado, la documental y por otro, la investigación de campo. En la primera se dio el análisis bibliográfico histórico documental del pueblo de Yecapixtla y su convento mediante artículos especializados de revistas, tesis profesionales, entrevistas a pobladores del lugar y su cronista, así como acervo bibliográfico. También se consultaron fuentes e información en centros documentales como el AGN (Archivo General de la Nación) y bibliotecas del INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia - Morelos); el ENCRyM (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía), Facultad de Arquitectura de la UAEM y entre otras bibliotecas públicas del estado de Morelos.

La información documental se clasificó en dos partes: a) todo lo relacionado con el contexto histórico de la construcción del convento de Yecapixtla y b) la información con un enfoque más específico, la cual ayudó a identificar la tipología edificatoria de la iglesia, sus funciones, características arquitectónicas, evolución y cronología arquitectónica, además

de las relaciones constructivas y estructurales entre los diversos elementos que la conforman.

Se realizaron visitas al monumento religioso para identificar y recabar información de volumetría y arquitectura, así como para conocer las intervenciones y posibles modificaciones que ha sufrido el inmueble, detalles constructivos y la medición tanto de los elementos estructurales como de espacio que conforman el templo del convento. El levantamiento arquitectónico fue ejecutado con el apoyo de equipo especializado (estación total marca Leica TS15 A5 ´R400) y de herramientas como cinta, flexómetro y un distanciómetro, de igual manera se elaboró una serie de registros fotográficos del inmueble.

Una vez obtenidas las medidas e información necesaria de los levantamientos arquitectónicos correspondientes de la iglesia se aplicaron sistemas de proporción y reglas históricas de tipo estructural en los planos dibujados para identificar si obedecieron a alguna de éstas para llevar a cabo la construcción del complejo. Por otro lado, se realizó un análisis ante peso propio mediante el cálculo de líneas de presiones en una sección del templo conventual, considerando dos geometrías, la original y una hipotéticamente simétrica. De igual manera, se realizó la construcción de un modelo tridimensional del inmueble que brindó un panorama virtual amplio del espacio a estudiar, realizando dicho modelo con el apoyo del software AutoCAD en su función de 3D. Una vez obtenido el dibujo completo en 3D se utilizó una sección central del modelo de la nave para realizar un análisis elástico lineal mediante la teoría de elementos finitos con la ayuda del software ANSYS. Al obtener los resultados se hará una comparativa con los obtenidos en la aplicación de la línea de presiones.

Contenido de la tesis.

Esta tesis se desarrolla en cuatro capítulos. El capítulo 1 profundiza en el contexto histórico del convento de Yecapixtla, éste no podría comprenderse sin el previo conocimiento de lo que fueron las órdenes religiosas comenzando con una breve historia de los fundadores en el viejo continente así como en sus primeros pasos por la Nueva España, mencionando sus rutas que desarrollaron a lo largo de la actual república Mexicana y sus construcciones conventuales edificadas durante su estadía por estas tierras, al mismo tiempo se hace mención del contexto histórico y social de Yecapixtla, lugar en donde esta desplantado el inmueble.

En el capítulo 2 se detallan las soluciones espaciales, arquitectónicas y de sus dimensiones, analizando los espacios que conforman la iglesia del convento de San Juan Bautista los cuales son: presbiterio, nave y coro. Se realiza una descripción arquitectónica de todo lo observado tanto en el interior como en las fachadas de la iglesia, esto, mediante un análisis minucioso y detallado de cada parte y por supuesto apoyándonos también en fuentes bibliográficas. Por otro lado, se definen las tipologías estructurales de la nave del inmueble, las hipótesis de las etapas constructivas que pudieron desarrollarse en la construcción del templo. De igual manera, se anexa el registro de modificaciones e intervenciones sufridas en el inmueble a lo largo de su historia. Se plantea la propuesta de mantenimiento básico del inmueble así como algunas tareas que los pobladores pueden realizar para ayudar a la conservación de la iglesia como patrimonio arquitectónico.

El capítulo 3 aborda principalmente el estudio geométrico de proporciones y cálculo tradicional en el templo, el estudio de proporciones, reglas de proporción que pudieron emplear para el diseño y la ejecución de la planta del templo, un estudio geométrico total del templo: muros, contrafuertes y bóveda, así como el de la fachada principal. Se hace énfasis en las reglas estructurales pues con ello se define la posible relación existente entre estas reglas que los tratadistas plantean con las proporciones de los elementos estructurales del templo, determinando de esta manera los elementos resistentes que ellos consideran al respecto.

Por último, el capítulo 4 contiene un análisis de los elementos estructurales del templo, se estudia el edificio ante peso propio por medio de los métodos de cálculo de línea de presiones y un análisis elástico lineal mediante la teoría de elementos finitos con el apoyo del software ANSYS. Posterior a este capítulo se agregan las conclusiones, anexos y las referencias. En el apartado de los anexos se describen paso por paso cómo se desarrollaron tanto las reglas que se aplicaron, como también la descripción de los métodos utilizados en el análisis.

Capítulo 1

El convento de San Juan Bautista en Yecapixtla, Morelos.

Este capítulo trata acerca de los antecedentes de la orden agustina, de su llegada a la Nueva España y de su arquitectura en Morelos, particularmente del convento de San Juan Bautista, Yecapixtla. Se hace una breve descripción de su fundación y aspectos generales de la historia del lugar y datos relacionados a dicho conjunto conventual.



1.1. La orden agustina en Europa y la Nueva España.

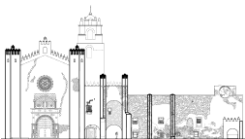
Como bien se sabe la construcción del conjunto conventual de Yecapixtla, al igual que en otros de la zona, estuvo a cargo de la orden agustina, de la cual se darán algunos datos históricos para dar un contexto de la edificación de la iglesia de San Juan Bautista. Los frailes de la orden de San Agustín reciben el nombre de agustinos o agustinianos (Cuevas, 1942, p. 150), conocida también como Orden de Ermitaños de San Agustín; fue fundada en 1244 para unificar varias comunidades eremitas que vivían bajo el pensamiento y Regla del siglo IV del obispo de Hipona, San Agustín, un notable filósofo que por la amplitud y profundidad de sus escritos es ampliamente venerado y considerado como uno de los cuatro grandes padres o doctores de la iglesia católica. La creación de esta orden fue iniciativa del Papa Inocencio IV mediante la emisión de dos bulas en 1243 mientras que en 1290 se estructuró jurídicamente como la tercera orden mendicante en Europa (Rubial, 1989, p. 9).

Después de su fundación, los agustinos pronto ganaron terreno y, para 1295, ya tenían presencia en 17 provincias de Europa. En 1329 ya había aumentado a 24 el número de provincias a su cargo, todas ellas dentro del viejo continente, radicando principalmente en casas y monasterios (Pérez, 2007, p. 7). Posteriormente, en España se fundó la congregación regular de la observancia Agustina en 1438 (Rubial, 1989, p. 10). En España tuvieron, un total apoyo de los Reyes Católicos, de tal forma que para el siglo XVI la orden ocupaba un papel fundamental para la evangelización dentro de la vida española. En Noviembre de 1501 el papa Alejandro VI, emite una nueva bula, lo cual significó para España contar con la autorización y el compromiso de extender en América la fe cristiana. Años más tarde, en julio de 1508, el pontífice Julio II otorgó a la monarquía española, el derecho de patronato, lo que significó la protección de la orden sobre América (Ruiz Zavala, 1984, p. 123).



Figura 1. Esta pintura representa la fundación de orden de los agustinos, aparece San Agustín con el atuendo que denota su rango como doctor de la iglesia: la tiara colocada sobre la cabeza y el bastón. Los frailes, arrodillados con hábitos de distintos colores, simbolizan la fundación de esta orden después de la muerte de San Agustín. Fecha de creación Siglo XVIII. Pintura mural novohispana se encuentra en Centro Comunitario Culhuacán, ex Convento de San Juan Evangelista.

Como contestación al compromiso con la Santa Sede, la corona española creó el patronato de Indias, dedicado a atender política y espiritualmente todo lo referente a la organización y desarrollo de la iglesia en el “Nuevo Mundo”: las relaciones con Roma, edificación de templos, conventos, nombramiento de autoridades eclesiásticas, sostenimiento del clero, percepción de diezmos y múltiples actividades. El primer documento considerado de mayor importancia para la iglesia católica en América fue la bula “Exponi Nobis Fecisti”, del 13 de



mayo de 1522, solicitada por el emperador Carlos V a su consejero el Papa Adriano VI, en la cual se otorgaba a los agustinos y a las otras dos órdenes mendicantes, franciscanos y dominicos, su permiso para enseñar la doctrina cristiana donde quiera que no hubiese obispos (Ricard, 1947, p. 84) (Ver anexo 1). Una vez dadas las autorizaciones correspondientes para expandir la fe cristiana, en 1531 se inician los planes para el envío de los primeros frailes agustinos a tierras recién conquistadas (Pérez, 2007, p. 7). La agustina fue la tercera orden que llegó al continente americano para llevar a cabo la encomienda de evangelizar, educar y preparar a los pobladores nativos del lugar (Kubler, 2012, p. 25-26).

Los primeros agustinos llegaron a San Juan de Ulúa, Veracruz, el 22 de mayo de 1533 “día de la Ascensión del señor” (Grijalva, 1624, p. 10). Los frailes fray Francisco de la Cruz y fray Juan de Oseguera viajaron a pie y descalzos desde Veracruz hasta la ciudad de México en donde fueron recibidos por otros dos frailes. Se alojaron en el convento de Santo Domingo durante cuarenta días, posteriormente se instalaron en una casa que les fue prestada, estando ahí le manifestaron al presidente de la real audiencia su deseo de construir un convento dentro de la ciudad (Romero, 1985, p. 5).

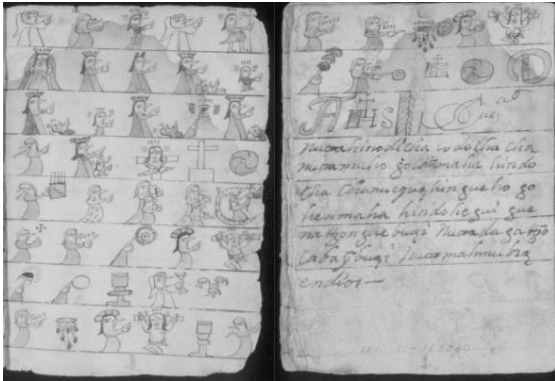
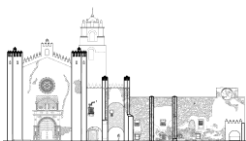


Figura 2. Este tipo de cuadernillos fue el resultado del ingenio y esfuerzo aplicado por las órdenes religiosas para encontrar un método que facilitara su misión evangelizadora.

Los misioneros agustinos comenzaron la evangelización en los espacios del territorio donde los franciscanos y dominicos no habían pasado con anterioridad (Ver anexo 2), por lo que sus recorridos eran sumamente difíciles. Para enseñar a los indígenas la doctrina cristiana los religiosos aprendieron diferentes lenguas, entre otras, el *náhuatl* y el *matlancinca* (Rubial, 1989, p. 31) además también se destacaron en la fundación y administración de hospitales, lo que significó otra alternativa para la orden, la cual ayudó para reunir a los pueblos y enseñar la doctrina (Ricard, 1947, p. 225).

La expansión de los agustinos en la Nueva España se dio en cuatro etapas: a) Inicio de la evangelización con la división del territorio, b) estabilidad y desarrollo de la orden, c) consolidación de la orden y d) división de la orden en dos provincias autónomas; la primera etapa comprendía de 1533 a 1540 la cual estaba desarrollada en el sur, norte y poniente del Valle de México produciendo alrededor de trece fundaciones, todas estas eran prioratos, instalados en zonas de Tlaxcala, Puebla y Chilapa en el estado de Guerrero. Los recorridos de los mendicantes eran grandes, congregaban a los indígenas en los pueblos y les administraban el bautismo. Durante esta fase se pueden señalar tres líneas en las que los misioneros penetraron siendo fundamentales para las siguientes etapas (Ricard, 1947, p. 115).

Las tres rutas de la primera etapa que los agustinos dividieron para evangelizar a la población indígena es la siguiente:



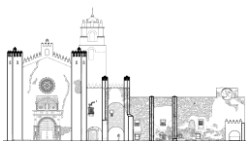
- I. Avance meridional o del sur: las fundaciones estaban ligadas a esta ruta conformada por los estados de Guerrero, México, Morelos y el suroeste de Puebla. A finales de 1533 fray Francisco de la Cruz envió a fray Jerónimo de San Esteban y a fray Jorge de Ávila a evangelizar la región de Tlapa y Chilapa en el estado de Guerrero. Al dirigirse a esta zona, los dos religiosos hicieron paradas, primero en Mixquic, en la Ciudad de México y después en Totolapan, Morelos; posteriormente se dirigieron a Ocuituco, lugar en donde se realizó la primera fundación agustina fuera de la Ciudad de México (Gómez de Orozco, 1927, p. 45).
- II. Avance septentrional: durante este segundo desarrollo las construcciones agustinas se localizaron en los límites de Hidalgo, San Luis Potosí y Veracruz (Gómez de Orozco, 1927, p. 45). La ruta se conformó por la región de los Otomíes en Hidalgo y la sierra alta con dirección a la Huasteca. En Hidalgo se entremetió en los dos grupos franciscanos de la zona Tula - Tepetitlán y Cempoala - Tepepulco; mientras que en la Huasteca se expandió sin restricciones (Rubial, 1989, p. 112).
- III. Avance occidental: esta ruta está conformada por una serie de casas en Michoacán. Se enlaza con la Ciudad de México mediante las casas de la región de Toluca (Ricard, 1947, p. 171).

La segunda etapa comprende de 1540 a 1572 y fue donde la orden tuvo más impulso y al mismo tiempo contrajo mayor estabilidad, sus conventos estaban entrelazados en una red muy estrecha buscando los puntos que no habían ocupado las otras dos órdenes e incluso asentándose en las abandonadas por las mismas (Rubial, 1989, p. 115-123). En la tercera etapa de 1572 a 1602 fue como un segundo impulso pues se construyeron más conventos tanto rurales

como urbanos; ya en el año de 1578 las fundaciones fueron disminuyendo probablemente por el decrecimiento de la población indígena o por otros factores. Por último la cuarta fase se dio entre los años de 1602 a 1633 y fue en ese entonces donde la congregación se dividió en dos provincias autónomas e independientes (Ricard, 1947, p. 115).



Figura 3. Dibujo realizado a mitad del siglo XX, por el Investigador Luís Mac Gregor, en donde se pueden ver las tres diferentes regiones evangelizadas por la orden Agustina en la Nueva España.

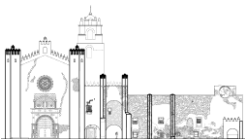


1.2. Arquitectura conventual agustina en la Nueva España.

Es importante destacar que durante el siglo XVI la arquitectura de la Nueva España, y en particular la arquitectura conventual, fue la más trascendental del continente, tanto por su cuantía como por su calidad excepcional. Según el mismo Hernán Cortes la razón principal de la conquista era la implantación de la fe cristiana entre los indígenas, además por supuesto de la ambición de riquezas y de control político, razón por la cual solicitó el envío de frailes a las nuevas tierras conquistadas. Los conjuntos conventuales del siglo XVI organizaban la vida de los pobladores en muchos aspectos, controlaban ámbitos políticos, económicos y culturales, aunque su principal función era el adoctrinamiento y la evangelización de los naturales.

La nueva idea religiosa que impusieron los frailes en el territorio recién conquistado, provocó la necesidad de contar con espacios o lugares en donde se pudiera llevar a cabo la tarea de evangelizar. Al principio se realizaron edificaciones provisionales pues los frailes edificaban simples cubiertas; y conforme avanzaba la conversión se instalaban en un espacio adecuado y con gran tamaño, posteriormente comenzaban con la edificación de su convento; algunas de estas edificaciones serían abandonadas sin ser terminadas y otras más tarde se convertirían en los conjuntos conventuales que existen hoy en día (Chanfón, 1994, p. 61). Para ejecutar una fundación, su tamaño dependía principalmente de tres factores; por un lado el tamaño de la población a tributar, segundo, la capacidad constructiva que poseían tanto frailes como indios y por último se tomaba en cuenta la distancia existente entre el centro del lugar donde se edificaría el convento y la de los lugares proveedores de recursos. Por ello los edificios con mayor magnitud fueron ejecutados en las poblaciones donde en aquel entonces eran tributarias y las cuales poseían mayor capacidad económica (Meli, 2011, p. 39).

Inicialmente no se construyeron las grandes iglesias abovedadas, sino que, en la edad más temprana de evangelización de la Nueva España, a partir de 1524, se construyeron con techos de madera, tejamanil o palma. Algunas de estas primeras iglesias tuvieron tres naves, con estructura y techos sencillos (Artigas, 2010, p. 311). De acuerdo con Kubler (2012, p. 72), se dieron un total de 273 fundaciones de los frailes de las tres órdenes mendicantes; del total, 138 eran franciscanas, 85 agustinas y 50 dominicas. De las que se instalaron en comunidades indígenas, existen datos de 128, pero no todas las fundaciones se desarrollaron como conjuntos conventuales completos. Las fundaciones agustinas construidas en la Nueva España fueron sinónimo de suntuosidad; pues fueron las construcciones más lujosas en aquella época en la Nueva España en comparación con las desarrolladas por las otras dos órdenes. Eran de grandes dimensiones y con soluciones constructivas muy avanzadas para la época como lo es la iglesia de Actopan en Hidalgo, por mencionar alguna, (Tenorio, 2010, p. 38). La secuencia, en cuanto al tiempo de ejecución de los conjuntos conventuales, puede establecerse de una manera simplificada de la siguiente manera: a partir del inicio de la conquista y hasta 1526 sólo construyeron albergues provisionales con techumbres simples; entre los años 1526 y 1540 aparecieron las capillas abiertas aisladas, los templos de tres naves techados con vigas de madera así como los primeros conventos definitivos; las capillas abiertas permanentes surgen entre 1535 y 1575; ya los grandes templos de una nave se construyen casi todos posterior a 1550 (Meli, 2011, p. 108).

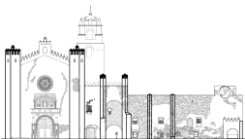


Para llevar a cabo la ejecución del proyecto se tomaban diferentes aspectos que comprendían desde la selección del terreno y la realización de plataformas; levantaban una cruz para posteriormente iniciar la traza de las calles, algunas orientadas de norte a sur y las demás perpendiculares a éstas, guiándose principalmente por los puntos cardinales dejando la capilla o conjunto conventual en el centro de esta distribución (Kubler, 2012, p. 135). Posteriormente hacían la cimentación, el alzado de elementos verticales y la sobreposición de elementos horizontales, así como la definición de los elementos decorativos (Ledesma, 2011, p. 12). Los terrenos en donde se desplantaban los conventos normalmente siempre fueron de dimensiones muy amplias que oscilaban entre los 5000 y 10000 m²; la mayor parte de estas tierras se destinaban al patio del conjunto conocido como atrio; este espacio lo delimitaban muros con almenas y su acceso a él se daba por tres puertas; normalmente entre la entrada principal del convento y la portada del templo se encontraba la cruz atrial, en las esquinas que rodeaban el atrio se encontraban las cuatro capillas posas para llevar a cabo las procesiones (Meli, 2011, p. 109).

Además de los componentes arquitectónicos, en los conventos sobresalen distintos elementos ornamentales de gran valor artístico que embellecen a cada uno de ellos, entre los más destacados son la pintura mural reflejada en sus paredes y bóvedas tanto de la iglesia como de sus conventos, la escultura decorada en las portadas, ventanas y puertas y los magníficos retablos resaltados en los altares (Meli, 2011, p. 110-111). Los conventos del siglo XVI pueden tener espadañas o torres, en donde se colocan campanas para comunicarse con la población, para llamar a la oración, celebración de alguna misa, anunciar un deceso o incluso para alertar la presencia no deseada de extraños en los poblados. Las campanas requerían de un espacio arquitectónico para su instalación preferentemente en lo más alto para que su sonido alcanzara las mayores distancias posibles (Artigas, 2010, p. 389). Estos edificios están conformados de dos volúmenes principales; el convento propiamente dicho y la iglesia, ésta, es de nave rasa, pero algunas han sido modificadas con corillos y capillas laterales. La iglesia conforma un cuerpo almenado de gran altura, largo y angosto, mientras que el convento se desenvuelve en otro cuerpo horizontal dispuesto junto a la iglesia. Aunque el convento regularmente es de dos pisos, es muy común ver a la iglesia sobrepasar en altura por lo menos otro tanto (Artigas, 2010, p. 313). A continuación se hace mención de las distintas partes que contemplan un convento.

Templo.

El templo de una sola nave es el más común en los conjuntos monásticos y se extiende a lo largo de un eje longitudinal, con la fachada poniente hacia el atrio y el presbiterio dispuesto al oriente. La prolongada iglesia ofrece tres dependencias: el sotocoro en el acceso, sosteniendo al coro en planta alta, la nave y el presbiterio que suele ser de planta poligonal o rectangular (de Anda, 2013, p. 84). En cuanto a su estructura es de forma sencilla apareciendo una planta estrecha de gran altura; en algunos lugares donde existían mayores recursos permitieron una construcción mucho más refinada, por ejemplo, con el empleo de bóvedas con nervaduras en alguna parte de la iglesia o en ocasiones en su totalidad. En regiones con menos recursos se solucionó con bóveda de cañón corrido o con techumbres de vigas de madera, siendo la bóveda de cañón corrido la solución más común. Las ventanas son escasas y generalmente se encuentran en la parte alta de sus muros



laterales (Kubler, 2012, p. 290). La altura de la iglesia señala la jerarquía de sus actividades en relación con las realizadas en el convento (Artigas, 2010, p. 313).

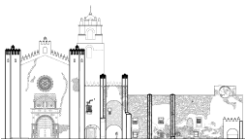
Convento.

El convento se realizó desde un principio de forma permanente y en ellos los frailes e indígenas practicaron la construcción de mampostería de calicanto en las paredes y continuando con las bóvedas de cañón. Aunque hay algunos de un nivel, en general son construcciones de dos pisos, donde regularmente el segundo piso se añadió en tiempos posteriores. Los conventos se forman alrededor de un claustro o patio central, cuenta con pasillos que lo circundan y compone el elemento arquitectónico principal, de hecho, es el elemento típico de la arquitectura monacal (Chanfón, 1994, p. 297). Los conventos de Ocuituco, Totolapan, Huaquechula y Yecapixtla son los más antiguos, pues fueron construidos a partir de la década de 1530 (Kubler, 2012, p.415). Los primeros conventos se caracterizan por tener toscos y bajos pasillos cubiertos con bóvedas de cañón; sus muros que rodean el claustro son muy pesados, poseen solidos contrafuertes y permiten la iluminación del pasillo por vanos pequeños. Los claustros novohispanos pueden diferenciarse por el tipo de sus elementos de soporte; en un principio eran edificados mediante sistema de contrafuertes siendo éstos de grandes dimensiones, posteriormente fueron realizados de arcadas; conforme transcurrió el tiempo las técnicas empleadas en su construcción eran más sofisticadas, utilizando la sillería como material estructural (Meli, 2011, p. 131-134).

Existe una clara relación entre la iglesia y el convento, en la mayoría de los casos la iglesia está construida de oriente a poniente, es decir, con la cabecera al este, colocando al convento junto a su fachada sur, de esta manera se aprovecha la luz y el calor que el sol proporciona en esta disposición. En lugares de temperatura caliente es más frecuente ver al convento situado hacia el norte para disfrutar del fresco, con paredes gruesas y vanos pequeños, minimizando las altas temperaturas. De igual manera existen lugares donde la iglesia se ubica de norte a sur, dependiendo principalmente de las condiciones del terreno, clima y de las vistas requeridas entre el paisaje y el convento (Artigas, 2010, p. 376).

Atrio.

Es el patio que suele estar al frente de un convento, cuyo perímetro delimita el tamaño del conjunto; en algunas ocasiones puede aparecer a un lado del templo y no al frente como en muchos de los casos; puede extenderse hacia el norte del templo, uniéndose con un atrio secundario ubicado frente a la entrada principal del templo (Kubler, 2012, p. 385). Los atrios no solo sirvieron como vestíbulo exterior de la iglesia pues en ellos también se llevaron a cabo actividades como la catequesis, la enseñanza del castellano, la enseñanza de oficios, como la pintura, y la celebración de misas cuando no existía la capilla abierta o en años posteriores como cementerio. Según las crónicas del fraile Diego de Valadés los indígenas estaban acostumbrados a las actividades al aire libre pues antes de la llegada de los españoles se les impartía clases en el Calmécac (Chanfón, Gutiérrez, 1994, p. 147). De igual manera era el punto de partida de las procesiones junto con las cuatro capillas posas, las cuales desempeñaban el cargo de oratorio (Olmedo, 2012, p.15). Se encuentran sobre plataformas y conforman la llamada arquitectura a cielo abierto que se convirtió en un elemento indispensable para la arquitectura religiosa del siglo XVI, pues en ellos se hace



evidente la costumbre mesoamericana de reunirse al aire libre estableciendo un vínculo entre los atrios y las amplias superficies de la arquitectura prehispánica.

Capilla abierta.

Las capillas abiertas surgen en los primeros años de la evangelización cuando los frailes celebraban misas para varios miles de indios, los cuales tendrían dificultades para entrar en una iglesia cubierta (Espinosa, 2001, p. 371). En ella se llevaba a cabo la misa y también se guardaba la eucaristía. Inicialmente funcionó como sustituto del templo el cual en muchos de los casos tardó décadas su construcción. Posterior al término de los templos, la capilla abierta tomó el rol de presbiterio para los oficios religiosos, pero solamente se utilizó en festividades de gran magnitud en donde se reunía gran cantidad de feligreses. Este tipo de capillas se pueden encontrar acogidas dentro de un atrio, sólo con una habitación anexa, o en la parte frontal del convento, acompañada de otros espacios techados como la portería y el portal de peregrinos. Todas estas construcciones estaban ligadas con la fachada del templo, formando una portada total del convento, en conjunto poseían una arquitectura muy cuidada (Meli, 2011, p. 127).

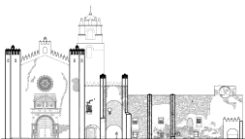
Capillas posas.

Son pequeñas construcciones de planta cuadrada o rectangular, abierta por uno o dos lados contiguos y techado con una bóveda, un chapitel o bien por vigería horizontal, a veces almenado o con celosía calada en su término superior (Artigas, 2010, p. 290); servían para colocar el Santísimo en las celebraciones procesionales que realizaban dentro del atrio. Se ubicaban en las cuatro esquinas de la barda perimetral del atrio y servían como puntos para llevar a cabo las procesiones o para ceremonias de las cofradías de la población. Inicialmente sólo eran construcciones provisionales, pero conforme avanzó el tiempo y se hicieron más frecuentes las ceremonias, evolucionaron a construcciones permanentes (Meli, 2011, p. 130).

1.3. Los conventos agustinos en Morelos.

El estado de Morelos cuenta con gran número de conjuntos conventuales del siglo XVI pertenecientes a los franciscanos, dominicos y agustinos, los cuales sirvieron junto con sus capillas de visita, para la evangelización de la población que habitaba la región de aquella época. Dichos monasterios fueron producto de esfuerzos y conocimientos de dos universos culturales: los indígenas conquistados y los españoles conquistadores. Los conventos agustinos ubicados en Morelos actualmente son los siguientes: Santiago Apóstol en Ocuilco, San Mateo Apóstol en Atlatlahucan, San Pedro en Jantetelco, San Agustín en Jonacatepec, San Juan Bautista en Tlayacapan, San Guillermo en Totolapan, San Juan Bautista en Yecapixtla y La Inmaculada Concepción en Zacualpan de Amilpas (Ver anexo 3).

En su trayectoria de la ciudad de México a los pueblos que se les había encomendado, los agustinos hicieron una pausa en Totolapan donde inicialmente administraron y catequizaron a los nativos de ese pueblo. Posteriormente, en 1534, los agustinos arribaron a Ocuilco, municipio del estado de Morelos donde fundaron el primer convento que la orden tuvo fuera de la ciudad de México (Rubial, 1989, p. 45). La construcción se realizó durante los años



1534 y 1536, sustituyendo la cabaña y chozas cubiertas con pajas construidas inicialmente por la orden, con el templo y convento que se conoce actualmente (Grijalva, 1624, p. 36-39). Kubler (2012, p. 109), por su parte, establece el periodo de construcción del convento entre 1530 y 1540. Fue ahí donde los agustinos marcaron un nuevo rumbo y del cual partieron para tejer la red de conventos más importante que la orden tuvo en el siglo XVI en dicha región. La construcción de la primera casa agustina en Ocuituco fue dirigida por los frailes Jerónimo Jiménez de San Esteban y Jorge de Ávila. Inmediatamente después de celebrar el primer capítulo de la orden en 1534, los dos religiosos de Ocuituco se encargaron de administrar otras siete fundaciones ubicadas en Zacualpan de Amilpas, Jantetelco, Jocatepec, Jumiltepec, Yecapixtla, Totolapan, Atlatlahucan y Tlayacapan (Grijalva, 1624, p. 69).

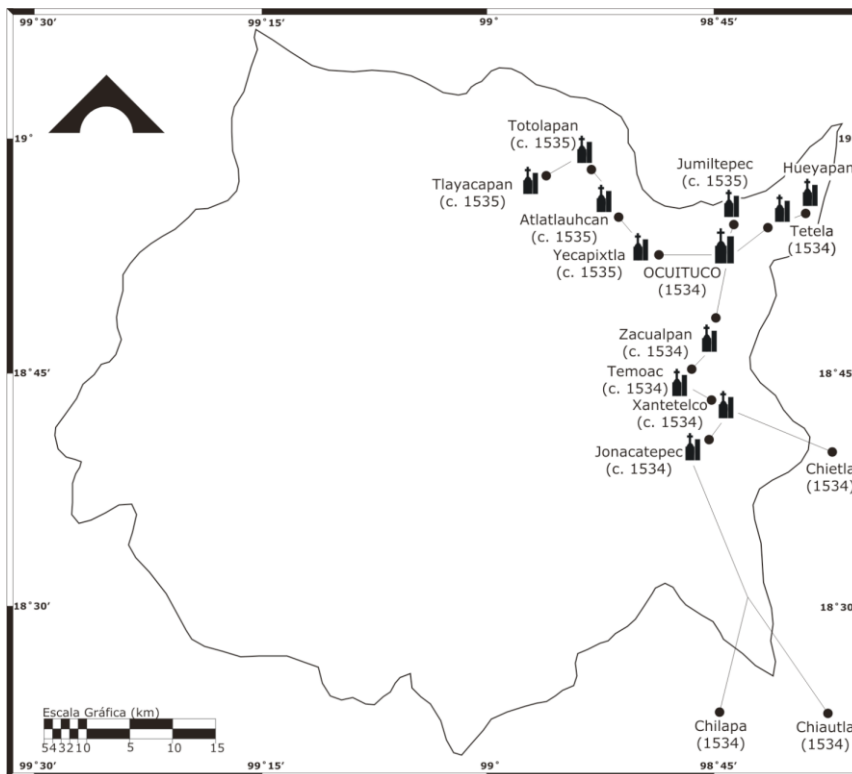


Figura 4. La orden agustina en el estado de Morelos entre los años 1534 – 1580. (García y Nájera, 2010, p. 236)

En Ocuituco los agustinos comenzaron la construcción de la iglesia casi de manera simultánea a la del claustro aledaño al templo, siendo el claustro el que se comenzó a edificar en segundo plano. En aquel tiempo Juan de Zumárraga era el obispo de Ocuituco y dio la orden de terminar la iglesia antes de comenzar el claustro pues según él, la obra arquitectónica era demasiado grande para la población indígena de aquel lugar (Ennis, 1957, p. 108-109), por ello el edificio que se puede

observar hoy en día no es tan grande comparándolo con otras construcciones agustinas de la región. En otro de los casos, el convento de Totolapan, según Rubial posiblemente se comenzó a edificar hacia 1552 de forma definitiva, pues anteriormente en su primer paso de los frailes por ese pueblo en 1534, fue un priorato mismo que desde un principio llevo el nombre de San Guillermo el cual fue destruido para levantar el edificio actual (Córdoba, 1999, p. 129-136). Una vez establecidos en Totolapan, los agustinos comenzaron a visitar los pueblos que rodeaban la región de aquella cabecera incluidos los de Atlatlahucan y Tlayacapan (Ledesma, 2010, p. 170).

Poco tiempo después, en 1535, los agustinos fundaron dos nuevos conventos en estas tierras: el de San Juan Bautista en Yecapixtla y el de la Concepción en Zacualpan de

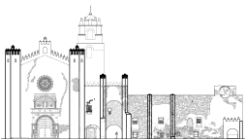


Amilpas (Rubial, 1989, Cuadro XII). En el caso de Yecapixtla, la construcción del convento fue muy importante, pues sirvió como base para evangelizar la región y su posterior recorrido hacia el estado de Guerrero. Por otro lado el convento de Zacualpan fue priorato desde 1535, la construcción del edificio actual comenzó en 1550 mucho después de su fundación formal en 1535 y estuvo a cargo de fray Juan Cruzat (Kubler, 2012, p. 633).

Otro pueblo de la misma región que cuenta con un convento agustino es Tlayacapan, bajo la advocación de San Juan Bautista; este convento era vicaría en 1554 y a partir de 1566 o 1569 obtuvo el rango de priorato (Crespo, 2010, p. 251). Actualmente se pueden ver dos construcciones una en la parte trasera de la iglesia actual, probablemente esta se usó en su fundación y la edificación actual se erigió cuando se le denominó priorato. McAndrew menciona que los misioneros comenzaron a edificar la iglesia entre los años de 1569 a 1572 (1965, p. 529). Grijalva describió este edificio como uno de los mejores conventos de la provincia cuando el inmueble ya estaba terminado (Kubler, 2012, p. 629).

Entre 1557 y 1560 los agustinos fundaron dos nuevas casas en la región. Éstos fueron los conventos de San Agustín en Jocatepec y San Andrés Jumiltepec (Rubial, 1989, cuadro XII); el convento de Jonacatepec fue elevado de vicaría a priorato entre 1566 y 1569, fue fundado por Juan Cruzate, quien murió en el pueblo en el año de 1575 y fuera enterrado en el convento. Las construcciones que se pueden observar actualmente de este edificio se terminaron en 1571 (Kubler, 2012, p. 621), el templo fue construido en una época posterior al convento y su claustro parece ser una copia del claustro ubicado en el convento de Zacualpan (Toussaint, p. 90).

Ya en el año de 1569 se erigiría una nueva vicaría en el pueblo de Atlatlahucan, cuya fundación se hizo en el año de 1570. Inicialmente fue una visita de Totolapan y hasta el año de 1571 aun pertenecía a su jurisdicción. Kubler (2012, p. 613) menciona que en la década de los setenta se registró actividad constructiva y propone que su edificación se dio a finales de esos años. Los prioratos desarrollados por los agustinos eran claros ejemplos de la visión tan importante que se tenía sobre esa región, la zona oriente de Morelos, pues se convirtió en una base fundamental para su obra evangelizadora, tanto por su cercanía respecto a la sede provisional como por ser un sitio de paso para la misión de tierra caliente (Crespo, 2010, p. 253-254).



1.4. La orden agustina en Yecapixtla, Morelos.

1.4.1 Reseña histórica de Yecapixtla.

El pueblo de Yecapixtla se localiza al Oriente del estado de Morelos, al pie de la sierra del Ajusco, entre las pendientes que descienden del cerro Yeteco y del Popocatepetl (Gutiérrez, 2008, p. 01). Colinda con los municipios de Ocuilco, Atlatlahucan, Cuautla, Ayala, Temoac y Zacualpan de Amilpas, así como con parte del Estado de México. Su topografía es irregular y cuenta con una serie de barrancas. Sus orígenes son muy antiguos, pues existen vestigios pertenecientes al periodo Olmeca; formando así parte de la región Olmeca de la Mar del Sur, periférico al antiguo sitio de Chalcatzingo.

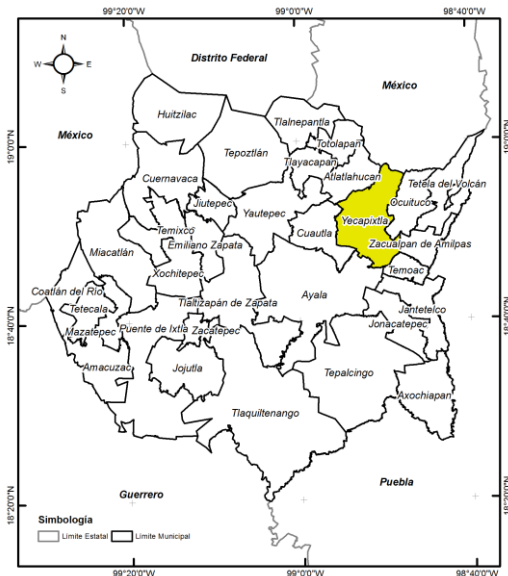


Figura 5. Ubicación del municipio de Yecapixtla, Morelos. Fuente: Marco Geoestadístico 2016, del INEGI.

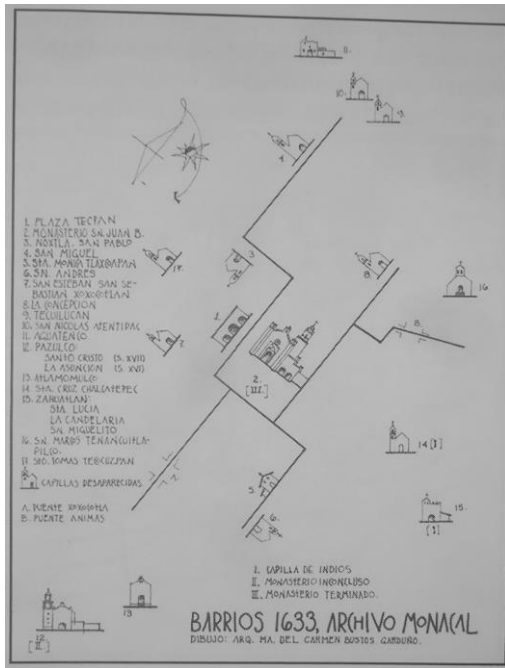
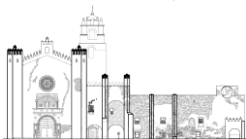


Figura 6. Barrios de Yecapixtla en 1633. (González Quesada, 2015, p. 1.)

Los Mexicas conquistaron esta localidad, por ende, formó parte de los pueblos tributarios del imperio Azteca. En el siglo XVI, a la llegada de los españoles, encabezaba una vasta región de tributarios en el oriente del actual estado de Morelos, más tarde, Yecapixtla formó parte de una región probablemente relacionada con Chalco, encabezando una organización regional que comprendía gran parte de las poblaciones del oriente del estado de Morelos (H. Ayuntamiento de Yecapixtla, 2016). Yecapixtla fue atacado, vencido y saqueado por Gonzalo de Sandoval el 16 de marzo de 1521 (Chanfón, Gutiérrez, 1994, p. 235), posteriormente Hernán Cortés ve con cierto interés a Yecapixtla y se instala allí entre los años

1521 y 1525. Fray Jorge de Ávila y Jerónimo de San Esteban llegaron a este municipio entre los años 1535 o 1537, después del inicio de la edificación del convento de Ocuilco la cual se dio en 1534 (Toussaint, 1962, p. 107). La ubicación estratégica convirtió a Yecapixtla en la cabeza principal de la región tanto en la época prehispánica como en la colonial, pues fue un importante centro de intercambio comercial, actividad que actualmente sigue desarrollándose (Pérez, 2003: p. 24). Con el proyecto urbano de Felipe II, se formaron barrios coloniales los cuales son: Pazulco, Atlahuimilco, Ecatepec, Cacatepec, Calalpa, Tetecuilcan, Tecozupan, Tecaxic, Ilucan, Zahuatlan, Xochitlan, Atlitec, Texcalan, Zoquiapan,



Achichipilco y Ayapango (Ver anexo 4) posteriormente evolucionarían a los barrios que hoy se conocen: Mexquemeca, Tlalchichilco, Los Reyes, Zahuatlán y la Cruz Verde; en dichos barrios comienza a renacer la religión como una de las tradiciones principales.

Los priores llevaban a cabo una buena administración para sostener de manera adecuada a los conventos, pues en algunos casos creaban granjas y huertos como el de Yecapixtla, en donde ejercían actividades agrícolas y la cría de ganado. Posteriormente, con los productos agrícolas obtenían muy buenas ganancias las cuales utilizaban para enriquecer sus casas además de ayudar en otros casos al sostén de otras que no contaban con los recursos suficientes para su mantenimiento. Los agustinos se distinguieron de las demás ordenes por el carácter social que tenían derivado de su concepción ideal urbana, pues asociaban el bienestar de la sociedad con las condiciones de vida que estos tuvieran. Esta característica de los frailes agustinos fue la pauta para el desarrollo de obras sociales dentro de la comunidad de Yecapixtla en donde utilizaron sistemas hidráulicos para llevar a cabo la dotación de agua para todo el pueblo; trasladando el agua desde un lugar cercano llamado Alcualan, ubicado en las faldas del cerro del Yeteco, en la localidad de Achichipico; para ello, los

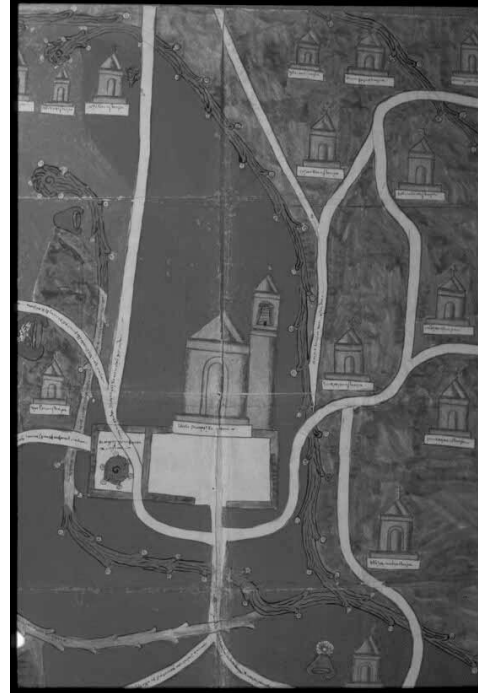


Figura 7. Relación Geográfica, mapa de Acapixtla (Yecapixtla, Morelos). Juan Gutiérrez de Liébana, alcalde mayor, 1580. Fotografía de Ángel Julián García Zambrano, tomada del original en la Colección de Libros Raros, Biblioteca Nettie Lee Benson, Universidad de Texas, Austin.

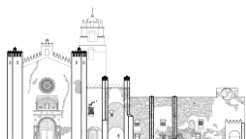
agustinos se vieron en la necesidad de construir una red de apantles (Gutiérrez, 2008, p. 02).



Figura 8. Arco que da la bienvenida al poblado de Yecapixtla. Fotografía tomada por el autor Mayo 2017.

La topografía propia del lugar y las grandes barrancas que rodean los terrenos de Yecapixtla (ver anexo 5) obligaron a la construcción de puentes para poder tener un acceso más cómodo a la población. Estas construcciones se

realizaron en el siglo XVI y en total fueron siete. Los puentes fueron construidos sobre los viejos caminos existentes entre la cabecera y sus pueblos sujetos, en donde el sistema

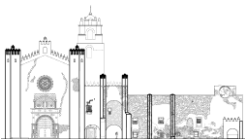


tributario se intensificó permitiendo la construcción del monasterio de Yecapixtla (Chanfón, Gutiérrez, 1994, p. 239). De los siete puentes construidos en aquella época, actualmente siguen en uso tres; uno de ellos conocido como el puente de Xalpa, es el principal pues es el que da la bienvenida a todo visitante proveniente del lado oeste del pueblo; fue modernizado a principios del siglo XX debido a la afluencia de automóviles que en él circulaban.

Yecapixtla al igual que muchas otras comunidades indígenas atravesó por distintos cambios siendo el centro de pelea por los intereses de distintos actores virreinales, sin embargo, la huella que más dejó marcada esta situación de cambios fue la planificación realizada por los agustinos creando una fisonomía urbana y arquitectónica permanente pues la población ha seguido manteniendo las mismas características desde que los frailes la modificaron.

Al finalizar el siglo XVI el pueblo presentaba una trama ortogonal con manzanas regulares, siendo el conjunto conventual el centro principal, a su alrededor presentó una organización por barrios y contaba a menudo cada uno de ellos con una capilla. Al mismo tiempo estas divisiones eran también una continuidad de las prehispánicas y llevaban por nombre el que los evangelizadores les habían impuesto, éste era asociado con algún santo patrono (Meraz, Guerrero, Soria, 2010 p. 158-159). A finales del siglo XVI y principios del XVII, el monasterio pierde ascendencia sobre la población por tal motivo los vecinos de Yecapixtla comienzan a abandonar el sitio y se agrupan en las haciendas que existían cerca de la región. Los frailes pierden terreno y en 1639 algunos barrios habían desaparecido y sus capillas se encontraban en ruinas (Chanfón, 1994, p. 241).

En cuanto al tipo de vivienda existente en el lugar, los pobladores desarrollaron un sistema típico y muy característico de este tipo de pueblos, el cual está realizado a base de adobe, piedra, paja, madera y en algunos casos teja, construcciones que a lo largo del tiempo han venido disminuyendo y muchas de ellas han ido desapareciendo, sin embargo, actualmente aún podemos encontrar este tipo de viviendas en el lugar. Otro elemento muy importante para los pobladores y fundamental para la economía de Yecapixtla es el antiguo tianguis el cual data desde tiempos prehispánicos; actualmente este espacio está ocupado por el mercado, cumpliendo la misma función del antiguo tianguis y está ubicado a un costado del ex convento de San Juan Bautista.



1.4.2 Antecedentes históricos del convento de San Juan Bautista.

Los agustinos pasaron por Yecapixtla en 1534 cuando se dirigían a Ocuituco; el carácter tributario que tenía el lugar resultó interesante para ellos, en consecuencia después de reconocer los caminos antiguos de la tributación y el comercio y una vez establecidos en Totolapan, retornan a evangelizar la *Tlalnáhuac* con los pueblos tributarios de Zacualpan, Jantetelco y Jonacatepec donde inicialmente construyen casas las cuales posteriormente evolucionarían a monasterios completos. (Chanfón, Gutiérrez, 1994, p.235).

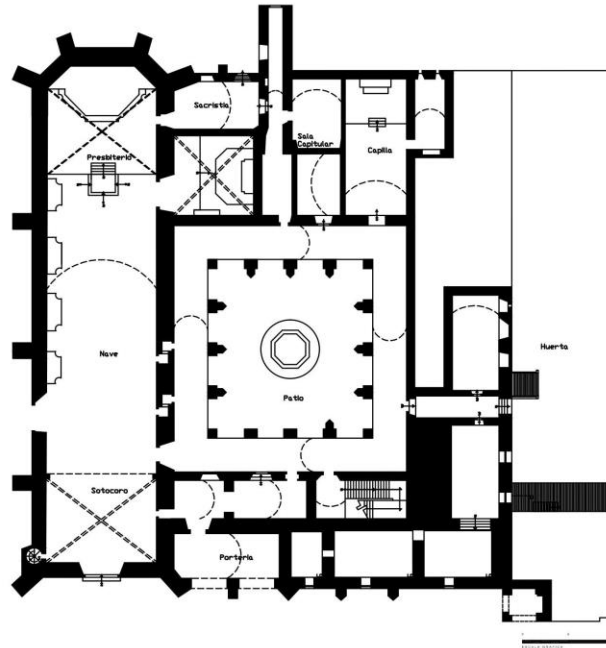


Figura 8. Plano arquitectónico del ex convento de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos.



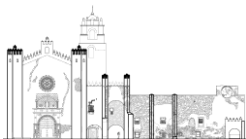
Figura 9. Fachada del Ex-Convento de San Juan Bautista. Fotografía propiedad de la fototeca nacional del INAH tomada en el año de 1900.

Dubernard, (s.a., p. 5) señala que una iglesia de Yecapixtla fue construida en tiempos de Hernán Cortés, pues cuando este pueblo fue una de las cuatro villas del marquesado, el conquistador ordenó su construcción. Este edificio pudo haber sido una primera iglesia franciscana que fue levantada antes de la llegada de los agustinos, de la cual se sabe fue una visita en el año de 1525 (Gutiérrez, 2008, p. 2). Dicha iglesia estaba techada con zacate, fue incendiada y posteriormente abandonada según datos del historiador Federico Gómez de Orozco que estuvieron a su disposición (Kubler, 2012, p. 632).

A la llegada de los agustinos, los franciscanos les entregaron la zona de Yecapixtla para llevar a cabo la evangelización (ICEM, 1994, p. 236). Este priorato junto con el de Ocuituco y Totolapan son de las primeras fundaciones agustinas realizadas en el actual estado de Morelos (Olmedo, 2012, p. 49).

EL convento de Yecapixtla fue fundado y edificado por la orden agustina entre los años 1535 y 1540 (Kubler, 2012, 110; ICEM, 1994, p. 236) y se dedicó a San Juan Bautista.

Desconocemos la fecha de las últimas obras de edificación en el inmueble pues podemos



suponer que quedó inconcluso, pues su convento no tiene el segundo nivel como en otros monasterios de los alrededores, como el de Ocuituco y Totolapan edificados por la misma orden. Lo que sí sabemos es que para la visita del padre Ponce en 1586 (Ciudad Real, 1871, p. 511; Kubler, 2012, p. 632), él ya lo vio terminado de cal y canto, con bóveda. Por otra parte, Gutiérrez Yáñez (ICEM, 1994, p. 251) menciona que la estructura definitiva del convento de Yecapixtla muy posiblemente se comenzó a edificar a partir de 1552, pues en ese entonces la corona española donó al provincial de la orden agustina doscientos pesos de oro común, con el fin de llevar a cabo la construcción del convento, a pesar de contar con ese dinero; se le ordenó al segundo Marqués del Valle otorgar otros doscientos pesos para el mismo destino.

Muy probablemente en su construcción participó fray Jorge de Ávila (SeGob, 1988, p. 122), quien se sabe fue un fraile constructor que intervino en la edificación del convento de Totolapan en 1534, y llegó a Yecapixtla en 1535. Este religioso se fue de este pueblo hasta 1540 cuando lo hicieron provincial (Kubler, 2012, 169, 632), por ello es factible que haya participado en su edificación, pero se desconoce a ciencia cierta en qué consistieron sus trabajos. En el año de 1571, el convento seguía siendo cabecera de doctrina teniendo un grupo de trece visitas, siendo éstas: Epatzulco, Atlamilulco, Ecatepec, Cacatepec, Calalpa, Tetecuilucan, Tecaxic, Quatotolco, Zahuatlán, Siichitlan, Texcala, Achichipilco y Ayapango (Rubial, 1989: p. 317). La construcción del convento de Yecapixtla fue fundamental, pues funcionó como una base para la penetración de los agustinos a la zona del *Tlalnahuac* y su posterior recorrido al territorio del actual estado de Guerrero (Chanfón, Gutiérrez, 1994, p. 251).



*Figura 10. Monasterio Agustino. Siglo XVI. Yecapixtla, Mor.
Fotografía propiedad de la fototeca nacional del INAH tomada
en el año de 1945.*

Kubler (2012, p. 334) menciona que las torres se construyeron en la segunda mitad del siglo XVI y fueron características del “estilo agustiniano”. Sin embargo, la mayoría de ellas pertenece a siglos posteriores, lo cual podría ser el caso de la torre campanario de Yecapixtla (Pérez, 2003, p. 361), que fue construida separada de la iglesia.

El convento de San Juan Bautista fue declarado como patrimonio de la humanidad el 17 de diciembre de 1994 con el número 702, por el hecho de ser ejemplo extraordinario con elementos

arquitectónicos significantes en la historia de la humanidad (UNESCO, 1994, 64-65). Junto con él otros catorce conventos del estado de Morelos recibieron esta distinción; entre los cuales se encuentran los establecimientos agustinos de Ocuituco, Tlayacapan, Totolapan, Atlatlauhcan y Zacualpan de Amilpas.

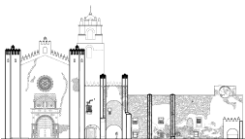




Figura 11. Lateral sur y torre. Monasterio Agustino siglo XVI. Yecapixtla, Mor.
Fotografía propiedad de la fototeca nacional del INAH tomada en el año de 1945.

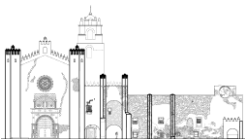
1.4.3 Descripción del convento de San Juan Bautista y su templo.

El complejo arquitectónico es de grandes dimensiones, se encuentra rodeado en su totalidad por una barda de gran altura, la cual esta rematada con almenas. Al ingresar al conjunto, el primer espacio con el que nos encontramos es el atrio, el cual cuenta con dos accesos; se puede acceder por el lado norte, a nivel de calle, y a través de escalinatas por el poniente, pues existe un desnivel considerable desde el nivel de la calle hasta el nivel del atrio (Artigas, 2010, p. 277). Este segundo acceso se puede considerar como el principal porque cuenta con su peculiar arcada real, la cual enmarca e indica el acceso al conjunto conventual (Pérez, 2003, p. 43).

El atrio cuenta con unas medidas muy extensas y su forma es una especie de cuadrilátero. Al ingresar por el acceso principal se puede apreciar un camino central, formado por un pavimento empedrado y se dirige hasta el templo del convento; aproximadamente en el centro del atrio se encuentra una cruz atrial de una sola pieza la cual está colocada a eje respecto de la entrada principal del templo. En las cuatro esquinas internas del atrio se pueden observar las capillas posas (Gutierrez, 2008, p. 03), las cuales destacan por su sencillez; son cuadradas y de pequeñas dimensiones, cuentan con accesos de arco de medio punto. En cuanto a su



Figura 12. Juego de Básquet en la plaza ubicada en la parte posterior del convento de Yecapixtla, Mor. Fotografía propiedad de la fototeca nacional del INAH tomada en el año de 1932.



acabado, las capillas se encuentran revocadas con cal y en su parte superior tienen su perímetro almenado (Loera, 1996, p. 13). Existe un pasillo procesional, el cual comunica a todas las capillas posas entre sí, es un camino empedrado al igual que el pasillo central.



Figura 13. Extradós de la bóveda del templo agustino de Yecapixtla, Mor. Fotografía propiedad de la fototeca nacional del INAH tomada en el año de 1935.

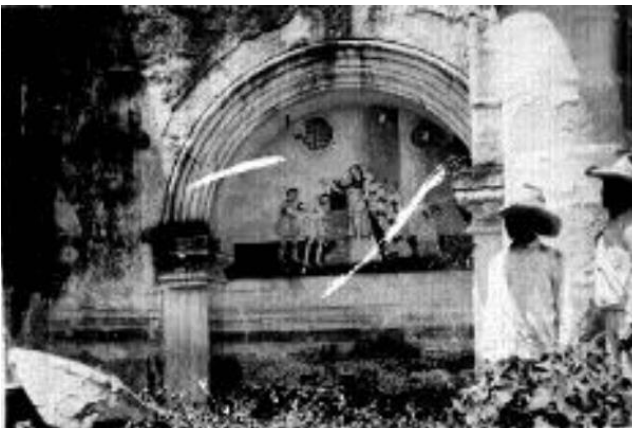


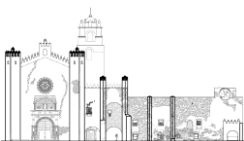
Figura 14. Claustro interior del convento de Yecapixtla, Mor. Fotografía propiedad de la fototeca nacional del INAH tomada en el año de 1940.

En el lado poniente del atrio, donde existen áreas verdes, se pueden apreciar sepulcros antiguos, pues ese espacio anteriormente funcionaba como un cementerio y en él se llevaban a cabo los entierros. Desde ese punto se puede observar totalmente el templo del convento, el cual, tiene dos fachadas; la principal, que ve hacia la cruz atrial con dirección al poniente, y la otra lateral, con dirección hacia el norte. Del lado de esta fachada existe otra parte del atrio de dimensiones más pequeñas, éste se dirige hacia el acceso secundario en donde también se presenta una arcada menos detallada en comparación a la principal. Este segundo acceso comunica al convento con el mercado municipal de Yecapixtla.

El templo es de una sola nave y presenta una fachada sencilla carente de elementos secundarios, está flanqueada por dos contrafuertes colocados en forma diagonal; este tipo de fachadas fue la más común de aquella época (Kubler, 2012, p.327). Los contrafuertes de igual manera se presentan de manera equidistante en el muro norte y el muro oriente de la

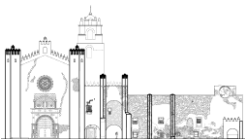
iglesia, rematados por garitones los cuales funcionan como una especie de receptáculo del arroyo de agua pluvial que corre por los techos y posteriormente desemboca en las canaletas de desagüe. Todo el perímetro del templo esta rematado con almenas, y en el interior, la nave se divide en tres espacios: el coro, la nave central y el presbiterio de forma poligonal. El templo tiene una bóveda de cañón corrido la cual cubre desde el coro hasta la nave, terminando con una serie de bóvedas en el presbiterio, formando una especie de fusión entre una bóveda vaída con nervaduras y una bóveda de un cuarto de esfera la cual cubre el ábside.

La capilla abierta se localiza en el costado derecho de la fachada del templo conventual, en el primer piso, sobre la portería, actualmente está cerrada por un muro de mampostería



(Artigas, 2010, p. 389), y es el único ejemplo de este tipo que se encuentra en el estado de Morelos. El acceso a la portería del convento está formado por dos arcos de medio punto sin ningún tipo de decoración, ésta debió de funcionar como capilla de indios (Gutiérrez, 2008, p. 2).

Por la portería se llega al claustro en donde podemos encontrar pinturas murales a lo largo de todos sus muros que lo rodean, estas pinturas se encuentran descuidadas y presentan un grave deterioro. Como se mencionó antes, el convento es de una sola planta a diferencia de otros de la misma orden construidos en pueblos vecinos, los cuales son de dos plantas; tiene un claustro de planta cuadrada, con sus pasillos cubiertos con una bóveda de cañón corrido y un patio central en donde se pueden apreciar las columnas y vanos en forma de arco de medio punto enmarcando todo el perímetro de la planta. En el centro de este patio se encuentra una fuente de forma octagonal, seguramente es de fabricación posterior al siglo XVI por sus características constructivas. Al sur del conjunto monacal está la huerta: el monasterio de Yecapixtla es uno de los pocos conjuntos que todavía la conservan. Todo el conjunto religioso abarca aproximadamente 30,000 m², de los cuales, el huerto ocupa 14,000 m² (Pérez, 2007, p. 367).



Capítulo 2

Edificación y arquitectura del templo de San Juan Bautista, propuesta de conservación.

En este capítulo se describen la arquitectura y el sistema estructural del templo de Yecapixtla, además de la propuesta de etapas constructivas posibles en base a la observación de su fábrica y de sus elementos constructivos. También se describen los daños y deterioros del inmueble, junto con algunas propuestas básicas para su conservación.



2.1 Arquitectura del templo de San Juan Bautista.

Al igual que la construcción de otros conventos de las órdenes mendicantes en la región en el siglo XVI, la obra arquitectónica del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, puede considerarse como un objeto de estudio que en sí mismo tiene la información o los datos para realizar una investigación, el cual permite adentrarnos en los procesos históricos, arquitectónicos y las dinámicas constructivas empleadas en su edificación. Dentro de la arquitectura plasmada en el edificio ésta se presenta como una muestra interesante de significados, pues representa la materialización extensiva de la cultura europea en el nuevo continente, convirtiéndose en un espacio donde el indígena ve sustituidos los significados de los basamentos prehispánicos por una nueva arquitectura religiosa.

Interior.

A continuación, se describirá la arquitectura de los espacios que conforman el templo iniciando por el interior. Por el acceso de la fachada principal se observa el sotocoro, el cual está cubierto con una bóveda baída con tracería o nervaduras de cantera labrada que forman una especie de flor; al centro de este espacio se encuentra una pila bautismal realizada con cantera negra, de una sola pieza y en ella se muestran realzadas cuatro figuras humanas; en los muros perimetrales del sotocoro se pueden observar pinturas murales que sin lugar a dudas han sido restauradas a lo largo de su historia. En el muro sur existe un vano el cual comunica con la portería del convento, dicho vano pertenecía a uno de los tres confesionarios ocultos dentro del muro con los que contaba el templo, éste fue cancelado a principios del siglo XX (Perez, 2003, p. 47) actualmente es la puerta del bautisterio. En el muro norte, exactamente en la esquina, se puede observar una puerta de dimensiones

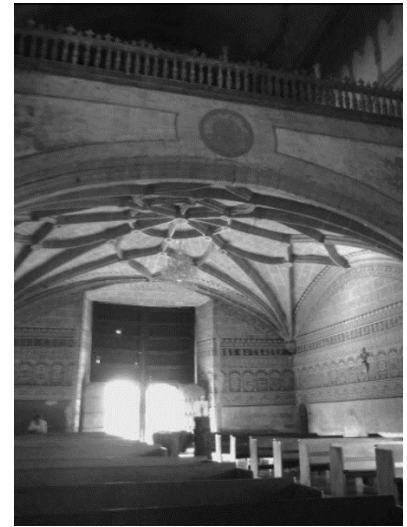


Figura 15. Tracería de la bóveda del sotocoro. Fotografía tomada por el autor Febrero 2017.

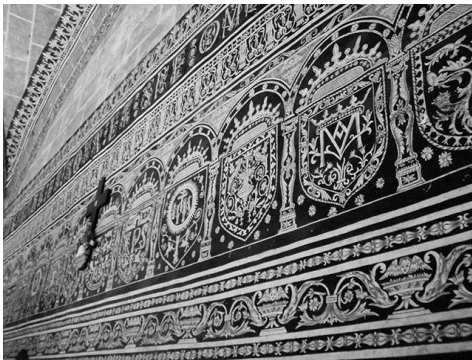
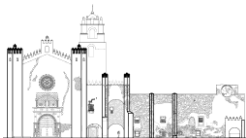


Figura 16. Detalle de los murales que se encuentran en los muros del sotocoro. Fotografía tomada por el autor Febrero 2017.

pequeñas la cual nos comunica a una escalera de caracol la cual sube hacia el coro en una segunda planta y posteriormente la escalera continúa hasta la azotea del templo. En el coro se puede observar un barandal realizado con cantera, material muy similar al utilizado en las nervaduras. En el espacio central de la iglesia, se puede observar la nave la cual está cubierta en su totalidad por una bóveda de cañón corrido desde el coro hasta el arco triunfal. En el muro norte se puede apreciar una puerta la cual es típica de otra orden, la franciscana, a la que llaman porciúncula y funciona como un acceso secundario. Frente a éste se observa otra puerta más pequeña en el muro sur, ésta comunica el templo con las dependencias del claustro. De ese mismo lado existen las otras dos puertas y corresponden a



los confesionarios, mencionados anteriormente, de dimensiones aún más pequeñas, iguales a la de la puerta del bautisterio. Estas puertas abren a unos estrechos pasillos que se encuentran contenidos dentro del ancho del muro los cuales aún son usados como confesionarios y de igual manera se encuentran ligados al claustro.



Figuras 17 y 18. Bóveda de cañón corrido y nave central, al fondo se ve el presbiterio del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Fotografías tomadas por el autor Abril 2017.

En los muros laterales se pueden observar cinco altares que fueron agregados a finales del siglo XIX y están dedicados al Sagrado Corazón de Jesús, a Jesús, a la Asunción de María, a la virgen de Guadalupe y a la virgen de la Inmaculada Concepción.

Se presume que eran seis, pero uno de ellos fue demolido en los años 60,

el cual estaba dedicado a la virgen del Carmen (Pérez, 2003, p. 47), cuya imagen actualmente se encuentra en un cubículo remetido en el muro sur. En ese mismo muro, justo delante del



Figura 20. Arco triunfal que separa a la nave del presbiterio del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos (al fondo se observa el presbiterio con su bóveda de nervaduras y el altar mayor). Fotografía tomada por el autor Febrero 2017

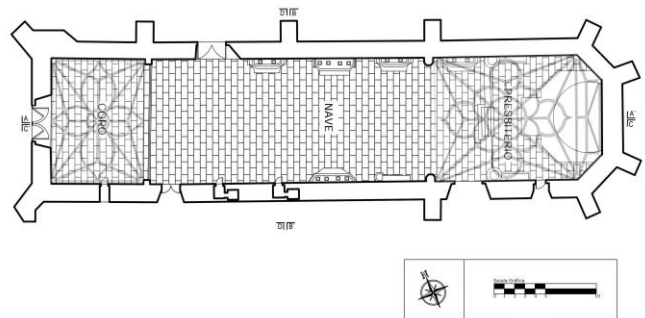
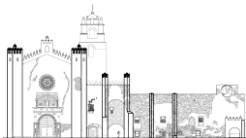


Figura 19. Planta arquitectónica del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Dibujo realizado por el autor.

último altar se puede ver el pulpito de la iglesia con una decoración muy detallada realizado con piedra esculpida. Tanto la bóveda como los muros de la nave están decorados con murales, por el tipo

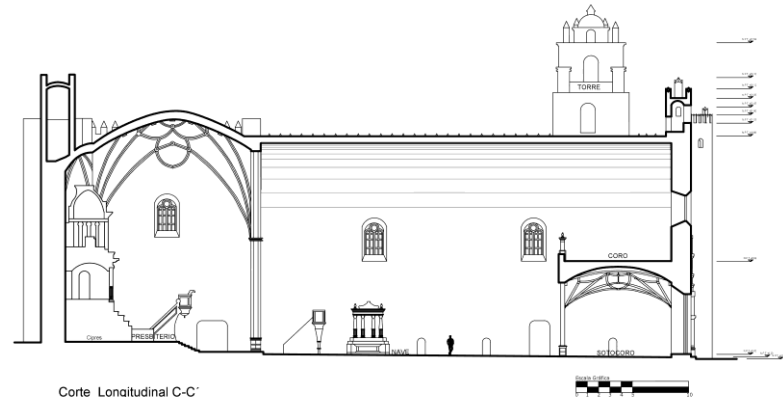


de trazo es muy probable que fueran agregados en siglos posteriores.

Al término de la nave se encuentra un arco de forma ojival es conocido como arco triunfal, el cual sirve para separar el presbiterio del resto de la nave principal. Justo delante del arco, en el muro sur se encuentra un vano el cual comunica con la capilla. El presbiterio tiene un nivel más alto que el de la nave, tiene una planta cuadrangular y se accede a él por seis escalones. Está cubierto con una bóveda baída mucho más peraltada en comparación a la del sotocoro, decorada con nervaduras formando una flor muy similar a las de éste. Estos acabados mucho más elaborados se realizaban en el área presbiteral para señalar la dignidad del espacio y del sotocoro asimismo son característicos de las iglesias agustinas. En el muro sur del presbiterio se encuentra un acceso que se dirige hacia la sacristía. El ábside tiene planta en forma de trapecio y cuenta con su propia bóveda en forma de un cuarto de esfera, también tiene nervaduras y su geometría está relacionada con las de la bóveda del presbiterio; todas las nervaduras existentes en el templo descansan sobre una especie de modillones labrados o ménsulas.



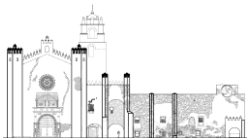
Corte Longitudinal A-A'



Corte Longitudinal C-C'

Figuras 21 y 22. Cortes longitudinales A-A' y C-C' del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Dibujo realizado por el autor.

El altar mayor tiene un ciprés situado en el centro del presbiterio y sirve para disponer sobre él los objetos de culto, así como para dar mayor relevancia al altar, de manera que se separara del resto de los asistentes. A lo largo de toda la iglesia se puede observar el piso de mármol realizado con piezas de dimensiones de 0.40 x 0.60 m; parece ser que tanto el ciprés, los altares, el cambio de piso y los recubrimientos de los murales se realizaron en tiempos más actuales, pues inicialmente los templos contaban con escasos elementos arquitectónicos (Tenorio, 2010, p. 23) y eran mucho más simples de lo que se ve hoy en día.



Fachadas.

La fachada norte muestra el uso de tres contrafuertes en disposición más o menos regular a lo largo de todo el templo; todos ellos son de dimensiones similares; esta fachada es muy simple en donde se alcanza a ver la gran altura de los muros con sus almenas y sus contrafuertes con los garitones en su parte superior; tiene tres ventanas, dos de ellas a la misma altura que son las de la nave y una tercera, en el presbiterio, un poco más alta. El perfil lateral exterior de esta iglesia es escalonado, como lo llama Kubler (2012, p. 341), y la variedad de la altura de sus ventanas se debe al uso simultáneo de diferentes tipos de bóvedas, por un lado, vaída con nervaduras en el presbiterio y bóveda de cañón, en la nave.



Figura 23. Fachada norte del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Fotografía tomada por el autor abril de 2017

Su fachada sur se encuentra pegada al convento, cuenta con un solo contrafuerte y con el mismo número de ventanas que el muro norte; la torre sólida y de gran proporción, está pegada al muro sur y se encuentra remetida con respecto al plano de la fachada principal. Aunque está dispuesta de forma independiente, se integra de manera adecuada al gran conjunto constituyendo una parte importante en la composición de la fachada (Kubler, 2012, p. 334).



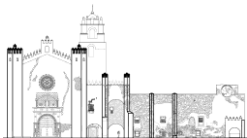
Figura 25. Fachada oriente del templo en donde se observan la portada y el rosetón abocinado como decoración arquitectónica. Fotografía tomada por el autor Febrero 2017

La fachada en dirección al este es de forma trapezoidal y cuenta con cuatro contrafuertes colocados en cada vértice. En el centro de la azotea de esta fachada se puede observar un monumental reloj el cual fue

construido en épocas del porfiriato y puede observarse desde el zócalo municipal de Yecapixtla. Por último, la fachada poniente es un muro plano en el que resalta la detallada portada y remata en un frontón culminado con una cornisa con almenas y en el centro se halla una especie de garita, como la de los contrafuertes, ubicados a sus lados; está flanqueada en los extremos por dos contrafuertes no ortogonales al plano de la fachada. Kubler (2012, p. 331) dice que este tipo de fachadas era la más común en las iglesias agustinas,



Figura 24. Fachada oriente del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Fotografía tomada por el autor Febrero 2017



estructuradas dentro del sistema conocido como biombo, en el cual la planimetría de la fachada se quiebra con los contrafuertes dispuestos de forma diagonal (Tenorio, 2010, p. 74). Como complemento de la decoración arquitectónica de esta fachada se colocó un rosetón abocinado de reminiscencia gótica, que además de brindarle belleza, le sirve como ventana del coro donde se filtra la luz hacia el interior; este rosetón se ha definido como uno de los más bellos de la arquitectura colonial (Loera, 1996, p. 13) y está realizado con cantera labrada formando una flor.

Portadas.

En cuanto a las portadas de la iglesia se pueden mencionar dos, la portada de la fachada oriente y la de la fachada norte. La portada porciúncula del lado norte está compuesta por un arco de medio punto formado por trece dovelas aparentes teniendo motivos escultóricos en cada una de ellas y un encuadrado entre columnas. Cuenta con jambas y arquivolta,



Figura 27. Portada norte del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Fotografía tomada por el autor Mayo 2017.

las cuales están esculpidas en bajorrelieve; en la parte superior del arco existen dos medallones y sobre cada uno de ellos se puede apreciar una figura, se dice que estas figuras son las imágenes de los padres de San Agustín quien fuera el fundador de la orden agustina (Pérez, 2003, p.64). Se pueden observar perillones en varias áreas de la portada, sobre las columnas se pueden ver un poco arriba del desplante y antes de la terminación de estas, de igual manera se presentan en los arranques del arco de medio punto y en la parte superior en todo lo ancho del encuadrado. Toussaint (1934, p. 16) menciona que ésta es una portada completamente europea por los motivos que la integran, por la habilidad escultórica desarrollada y por la discreción observada en ella, sin embargo, su arquitectura es más bien típica de la orden agustina en Nueva España. Por último, en el vano de la portada se encuentra un portón de madera el cual está decorado con chapetones de lámina.

Por otro lado, la portada oriente resulta estar mucho más elaborada, se compone de dos pares de columnas desplantadas sobre un basamento formando un encuadrado; en su parte inferior cuenta con un entablamento, donde aparecen fustes divididos en mitad por molduras salientes que corren por todo el ancho de la portada y forman una imposta al arco de la puerta (Toussaint,

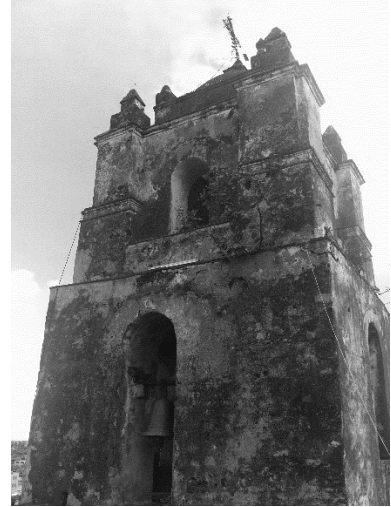
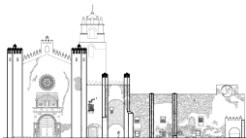


Figura 26. Torre vista desde el techo del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Fotografía tomada por el autor Agosto 2017



1934, p. 15). Esta puerta está formada por un arco de medio punto compuesto por veintiuna dovelas aparentes las cuales están decoradas con motivos escultóricos. Por encima de ésta se encuentra una cornisa, sobre la cual existe un ático que contiene dos columnillas en sus extremos y donde se pueden observar perillones. Este espacio está dividido en dos partes por un nicho vacío ubicado en la parte central; sobre los dos compartimientos existen escudos pertenecientes a las ordenes mendicantes que pasaron por este sitio, siendo el de la orden franciscana y el de la agustina. Al término del ático se observa una cornisa más sobre la cual descansa un frontón triangular, el centro de éste se ve ornamentado con la escultura de un Cristo crucificado. Entre los espacios que forman las columnas existen cuatro nichos vacíos con doseletes, dos de ellos se encuentran en la parte inferior mostrando su repisa a diferencia de los superiores pues estos descansan sobre la imposta, misma que es el arranque del arco de la puerta y a su vez también divide la altura de las columnas en dos. Su puerta también es de madera y está decorada con chapetones laminados.

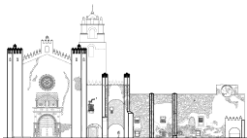


Figura 28. Portada oriente del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Fotografía tomada por el autor Febrero 2017.

Se pueden observar además variedad de motivos escultóricos en toda la portada oriente; en las enjutas se encuentran dos ángeles con relieve y en el friso se localizan dos más, éstos cabalgando sobre una especie de dragones, en el centro de este espacio hay un mundo abrazado por una cruz. En el basamento existen cuatro resaltes sobre los cuales existen dos retratos en los que se encuentran cerca de la puerta y dos jarrones en los otros dos. El rostro de la derecha representa a un fraile mientras que el de la izquierda a un seglar, se cree pudieran representar al fraile Fray Jorge de Ávila, antiguo apóstol de Yecapixtla y el seglar al arquitecto de la edificación, pues algunos artífices acostumbraban a esculpir sus retratos en sus construcciones (Toussaint, 1934, p. 15). Además de estos existe una buena decoración con motivos florales alrededor de toda la puerta. Los nichos



Figura 28. Fotografía del momento del levantamiento arquitectónico con apoyo de la estación total en la iglesia de Yecapixtla, Morelos. Levantamiento realizado por el autor. Fotografía tomada por Fernando Silva Febrero 2017.



mencionados anteriormente pudieron haber sido ocupados por esculturas, en los cuatro nichos situados entre los espacios de las columnas posiblemente pudieron estar San Pedro y San pablo en los inferiores y Santo Domingo y San Francisco en los superiores, dando la bienvenida al reino de Dios. Mientras que en el nicho central del ático pudiera haber estado la escultura de San Juan Bautista, patrono del monasterio de Yecapixtla (Loera, 1996, p. 13).

2.2 Etapas constructivas del templo de San Juan Bautista.

Para poder llevar a cabo una ejecución de un buen proyecto arquitectónico es necesario satisfacer las necesidades haciendo una distinción entre cada una de ellas, para establecer jerarquías y determinar los elementos primarios y secundarios en este programa arquitectónico, es posible que en esta característica pudieron haberse basado cuando se edificó la iglesia y el ex convento de San Juan Bautista dividiendo su edificación en distintas etapas. El estudio de las fases constructivas de un edificio histórico como éste fundamenta su análisis en dos principios. Por un lado la observación detenida y detallada de cada elemento constructivo para determinar cuáles pudieron haber sido los elementos primarios y cuales los añadidos posteriormente; y por otro lado contrastar estos datos obtenidos con la documentación histórica que pudiera conservarse.

Lamentablemente, en la mayoría de los casos esta documentación referente a los procesos constructivos es muy escasa, sobre todo en este tipo de edificaciones conventuales, tal como el caso del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, pues al ser un edificio de la época colonial la información en cuanto a sus periodos de construcción es prácticamente nula debido al tiempo transcurrido desde su edificación hasta hoy en día. Por ello, a menudo la única forma de elaborar una hipótesis más o menos fiable en cuanto a sus etapas constructivas, es mediante la observación del inmueble, de sus muros, cubiertas, sus aparejos, uniones, superposiciones, rupturas, etc. Mediante esta técnica, podemos apreciar ciertos cambios, suponer etapas constructivas y argumentar las circunstancias que estimularon a todo ello, haciendo énfasis en el templo del ex convento de Yecapixtla.

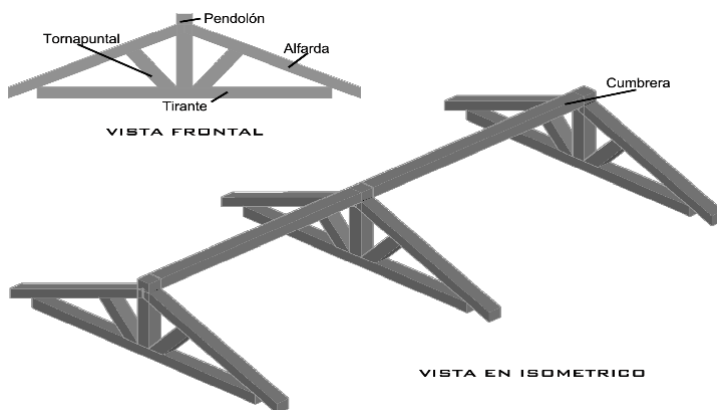
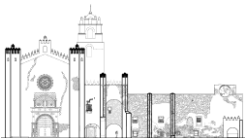


Figura 29. Armadura de madera que funcionaba como estructura para soportar los cobetizos empleados para cubrir los primeros conventos. Realizado con información obtenida del libro Conventos Mexicanos del Siglo XVI de Roberto Meli, p. 79 (Dibujo por el autor)



Iglesia o capilla previa.

Carlos Chanfón Olmos menciona en el libro *Conventos coloniales de Morelos* (ICEM, 1994) que para los mendicantes, la construcción de sus conventos no era su fin primordial al inicio de la evangelización; para tal efecto cualquier choza podía satisfacer las necesidades básicas de habitación, pues habían llegado a un mundo donde el modo de vida era precisamente al aire libre. Esta característica podría aplicarse a las primeras capillas construidas con materiales perecederos, tal como sucedió con una capilla previa a la edificación del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, pues Kubler (2012, p. 632), menciona que el convento actual fue desplantado sobre un proyecto previo a cargo de la orden franciscana, el cual contaba con una techumbre de zacate misma que se habría incendiado posteriormente; información que este autor obtuvo del historiador Federico Gómez de Orozco, de la cual comenta, probablemente la encontró de fuentes inéditas que estuvieron a su disposición.

Este tipo de techumbres cubiertas con zacate fue una técnica empleada por los indígenas debido a que los europeos no estaban familiarizados con esta práctica constructiva antes de su llegada a la Nueva España (Kubler, 2012, p. 227). Los españoles construyeron cubiertas de madera con teja y en ocasiones emplearon también otros materiales perecederos como tajamanil o zacate. Estos sistemas de cubierta fueron usados también para soportar los cobertizos de los conventos por una armadura de madera a dos aguas la cual estaba construida por alfardas que descansaban sobre los muros siguiendo el eje de la cumbrera a lo largo del vano (Meli, 2011, p. 71).

Las construcciones techadas con cobertizos y techos de paja se dieron en las primeras capillas cuando la edificación solía ser precipitada, o en conventos temporales (Kubler, 2012, p. 327), como lo fue la primera iglesia franciscana de Yecapixtla. Sin embargo, es conveniente comentar que esta orden religiosa realizó cubiertas de madera un poco más elaboradas que las techumbres de zacate, utilizando técnicas del viejo continente. Éstas eran armaduras de par y nudillo como la del templo de Nuestra Señora de la Asunción en Tlaxcala, la cual data de la misma época que

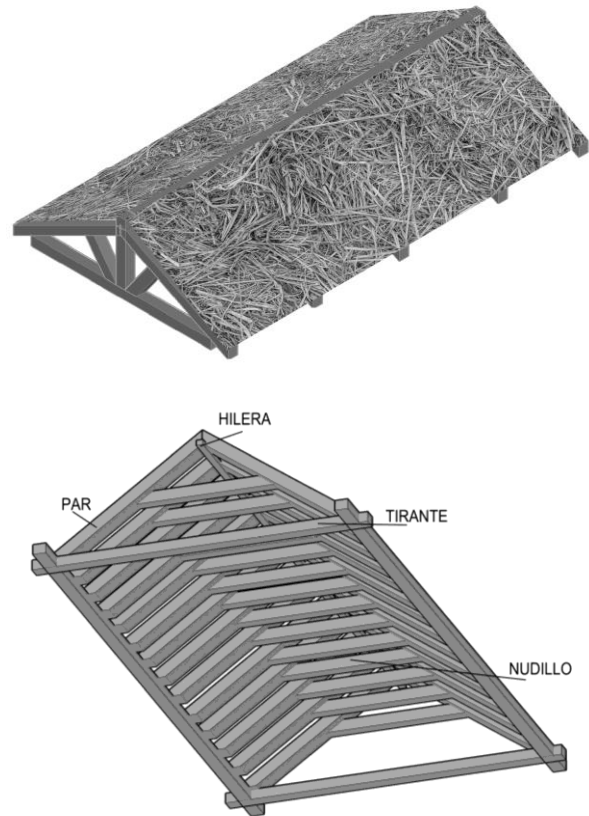
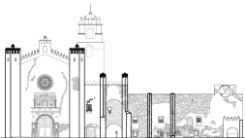


Figura 30. Hipótesis de la techumbre que posiblemente se uso para cubrir la primera iglesia de Yecapixtla, Morelos. Dibujo realizado por el autor.



esta primera capilla. Se trata de una cubierta a dos aguas con un nudillo horizontal colocado entre ellas, a dos tercios de su altura cuya función era la de reforzar la armadura. Para el caso de la techumbre de esta primera iglesia de Yecapixtla pudo haber sido muy elaborado, como la de par y nudillo, si sus dimensiones fueron grandes (figura 30), o con techumbre de madera y zacate más sencilla, si fue de menores dimensiones, siendo la más probable ésta última.

Según Gutiérrez Yáñez (ICEM, 1994, p. 235-236) la fundación de Yecapixtla quedó incluida dentro del radio de la primera campaña misionera de los franciscanos en 1525. Comenta que la construcción de la primera iglesia se inició con una primera edificación de dimensiones reducidas y se encontraba en otra zona del conjunto, diferente a la ocupada actualmente por el convento y la iglesia. Estos autores señalan además que después de su incendio fue abandonada por los franciscanos, quienes inicialmente quizás fundaron aquí una visita. Si la información es correcta esta podría catalogarse como una etapa constructiva previa del conjunto agustino de Yecapixtla Morelos, que abarcaría los años de 1525 a 1535, correspondientes a la llegada al pueblo de los franciscanos y de los agustinos, respectivamente.

Primera etapa constructiva.

A la llegada de los frailes agustinos a Yecapixtla en el año de 1535 se les entregó los alrededores de esta zona para llevar a cabo la evangelización de la población y fueron estos misioneros quienes continuaron su construcción a partir de esa fecha (ICEM, 1994, p. 236). A lo largo del tiempo que duró la construcción de la iglesia del convento de Yecapixtla y por medio de la observación de sus detalles y elementos constructivos, podemos suponer la existencia de varias etapas de edificación.

Los primeros trabajos que se realizaron, como en cualquier otra obra, fue la preparación del terreno, la cual consistió en su nivelación mediante la construcción de un terraplén para rellenar el terreno pues existía una pendiente considerable. Para ello, se requerían de operaciones muy bien conocidas por los indígenas. Kubler comenta (2012, p. 230) que esta acción sucedió con múltiples conventos; por ejemplo cita a la iglesia de Yanhuitlán la cual estuvo cargo de los dominicos en donde se ejecutó la construcción de un terraplén para la base del templo.

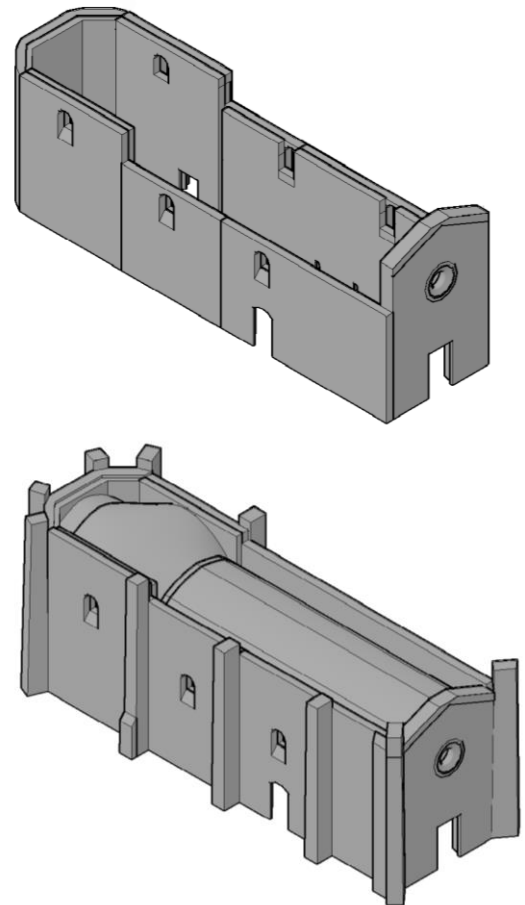
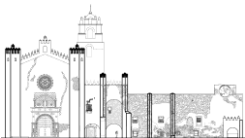


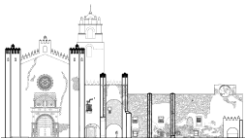
Figura 31. Hipótesis de la primera etapa constructiva del templo actual de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, la cual fue edificada por la orden agustina. Nivelación del terreno, elaboración de cimentación, levantamiento de muros a una primera altura, incorporación de contrafuertes en los muros del templo, construcción de bóvedas para cubrir la iglesia y continuación con el levantamiento de muros hasta pretil, (ilustraciones elaboradas por el autor)



Esta plataforma también suele soportar el atrio al que se asciende por medio de escalinatas como sucede en el acceso oeste del atrio del convento de Yecapixtla. Este sistema es prehispánico pues en aquella época se construían grandes plataformas para elevar las pirámides posteriormente, por esa razón los indios estaban sumamente familiarizados con este tipo de trabajos. Son escasos los textos que estudian a detalle los procesos y sistemas constructivos utilizados en los edificios conventuales en aquella época. En algunos estudios españoles de la arquitectura de los siglos XVI y XVII permiten darnos una pequeña idea de los sistemas empleados para resolver dichas tareas.

Una vez hecha la plataforma, se procedía a realizar la excavación para los cimientos. En algunas ocasiones el grosor de la cimentación era el mismo que el de los muros del edificio (Kubler, 2012, p.231) y en otras el cimiento era mucho más ancho, formando una especie de zapata corrida; en el caso de Yecapixtla los muros tienen un espesor que no es constante, por ejemplo, el espesor del muro norte es de 1.70 m en promedio, al igual el muro oeste; mientras tanto el muro sur mide 1.47 m. De acuerdo con Meli (2011) no siempre será posible conocer el tipo de cimentación existente debajo de un inmueble histórico, ni mucho menos el desempeño actual de ésta, solamente en los casos necesarios de rehabilitación en donde se tendrá que perforar el terreno para conocer las condiciones del cimiento.

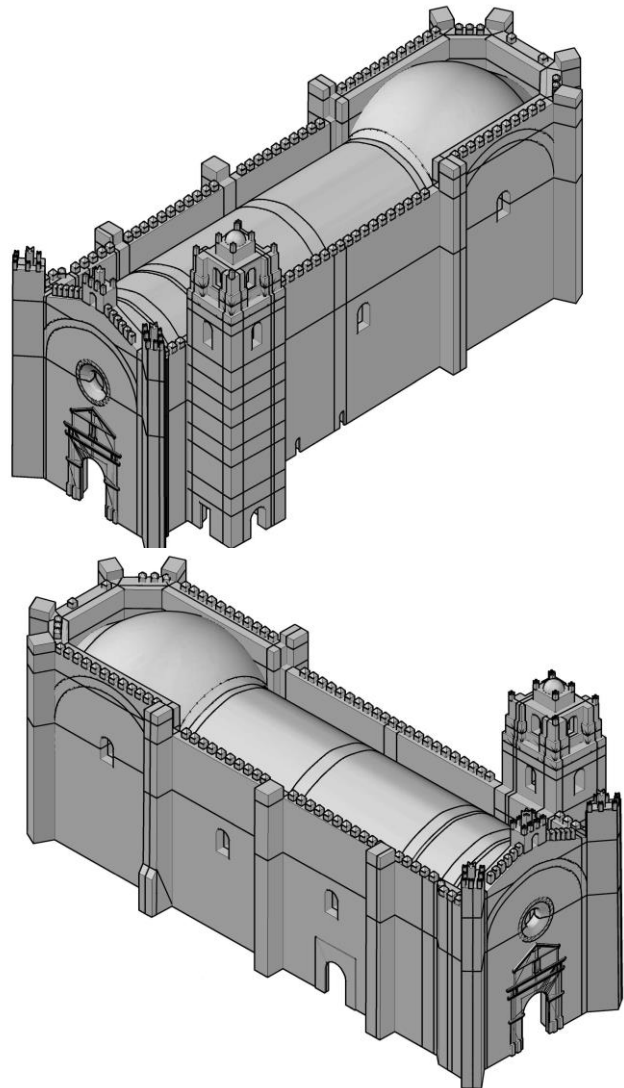
Después de tener definido el trazo de la cimentación, debieron continuar con el levantamiento de los muros de la iglesia de Yecapixtla de toda la nave, probablemente definiendo ya las dimensiones del coro y del presbiterio. Al observar el muro de la fachada norte, exactamente por encima de las ventanas observamos el cambio en el tipo de mampostería, con piezas y morteros más oscuros que los de la parte inferior, así como una pequeña línea la cual puede considerarse como una junta o el final de una etapa de construcción del muro de esa fachada. De esto podemos plantear la posibilidad de que los muros inicialmente fueron levantados hasta ese nivel, sobre el cual se realizó la construcción de la cubierta. Después de este nivel de los muros se observa una siguiente etapa que consistió en la terminación del pretil incluyendo asimismo la zona del relleno de la bóveda. Debido a que en los contrafuertes no se aprecia la posible junta o cambio de material como en los muros, éstos pudieron haberse construido en una etapa posterior. Podemos suponer que después de levantar muros y contrafuertes, se continuó con la construcción de la cubierta de la nave, como ya se dijo antes, es una bóveda de cañón corrido que va desde el coro hasta la nave central y rematando en el presbiterio con una bóveda vaída unida a una de un cuarto de esfera.



Segunda etapa constructiva.

La siguiente etapa consistió en la construcción de la torre que se encuentra ubicada en el muro del lado sur del templo. Este elemento se encuentra pegado al muro de la iglesia, sin embargo, está construida como un cuerpo independiente formado por tres cuerpos y sus dimensiones van disminuyendo con la altura.

El primer cuerpo de la torre está cubierto con una bóveda de cañón corrido a una altura de dos a tres metros aproximadamente, a este espacio se tiene acceso por una puerta en la misma torre, la cual forma parte de la entrada al convento de Yecapixtla. El segundo cuerpo tiene cuatro arcos en su perímetro de poco claro, es mucho más pequeño, se encuentra a una altura mayor que la de la nave de la iglesia y corresponde al campanario; por otro lado el tercero y último, es todavía más pequeño en comparación al primero y también tiene arcos de poco claro y apoyos voluminosos, rematado con un cupulín.

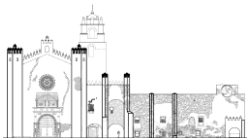


Figuras 32 y 33. Hipótesis de la segunda etapa constructiva del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Edificación de la torre, portada de la fachada principal y colocación de almenas tanto en el pretil del templo como en la fachada y sobre la torre, (ilustraciones elaboradas por el autor)

2.2.1 Materiales y elementos estructurales del templo.

Materiales.

A continuación, se describirán los materiales utilizados en la construcción de la iglesia de San Juan Bautista, así como las funciones desempeñadas por sus principales elementos estructurales que sostiene a dicho inmueble. En la mayoría de los conjuntos conventuales desarrollados en el estado de Morelos se puede observar una práctica constructiva parecida, aunque no del todo igual; durante la etapa de construcción de los conventos sobre todo por los decretos del virrey Antonio de Mendoza, se tuvo que tomar la decisión de emplear materiales permanentes para la



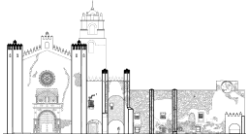
obtención de los mejores resultados posibles, pues en esa época había muchos problemas con la construcción de los conventos.

Los materiales observados en la mayoría de estos establecimientos son la piedra y morteros o argamasas de muy buena calidad, denominados en conjunto como fábricas o mampostería. Estos elementos eran obtenidos de las propias regiones, la única variante que se puede ver es el tipo y la calidad de cada material (Ledesma, 2010, p. 13). La mampostería puede encontrarse no sólo en los conventos del siglo XVI sino en otro tipo de edificios históricos y sin lugar a dudas es uno de los materiales de construcción más antiguo utilizado por el hombre. La podemos definir como cualquier construcción o parte de ella hecha con piedra o ladrillo y argamasa, su producción se da mediante procesos artesanales tanto en la fabricación de sus piezas en algunos casos, como en los procesos de edificación. Su sistema constructivo se realiza de forma manual y se dispone colocando piedras de forma ordenada, agregando mortero para el pegado de las mismas y situando piedras más pequeñas para rellenar los espacios existentes en la junta.

Antes de la llegada de los españoles, los pobladores indígenas construían obras macizas de forma piramidal sobre las que realizaban sus ritos; al ser conquistados son obligados a construir una nueva arquitectura, ese acontecimiento además de modificar sus hábitos, los obligó a desarrollar técnicas constructivas adecuadas a los nuevos usos de las construcciones. De acuerdo con Gutiérrez (2008, p. 4-6), para ejecutar la construcción de San Juan Bautista puede considerarse un cálculo de 4,500 m² entre piedra, arena, cal y aglutinante, sin considerar otros materiales de soporte como cimbras y diversos equipos. Según este autor, alguna parte del material pudo haber sido reutilizado del templo antiguo construido por los franciscanos; sin embargo, se sabe que la mayoría del material fue transportado de otros sitios.

Es importante destacar que en gran número de los conventos mexicanos se detecta cierta variedad de piedras. En los muros del templo del convento de San Juan Bautista en Yecapixtla, por ejemplo, se puede distinguir el empleo de piedra volcánica, piedra de río ya trabajada de entre 15, 20 o 30 cm aproximadamente ostentando muros de gran espesor, en donde es notable el empleo de mampostería irregular. Las piedras utilizadas cuentan con una cara tallada o al menos lisa, se desconoce si algunas de ellas tienen procedencia prehispánica, pues en muchos casos se afirma que las piedras fueron reutilizadas una vez destruidas las antiguas construcciones. En los contrafuertes se ocupó el mismo tipo de piedra que en los muros, aunque en estos elementos también podemos observar el empleo de sillares en las esquinas formando una mampostería con paramento regular, tal como la llama Meli (1999, p. 30). La bóveda de la nave del templo está hecha con mampostería muy semejante a la del resto del edificio, con cantera en las nervaduras. En los marcos de ventanas y puertas se pueden observar piedras volcánicas labradas en forma de dovelas conocidas como piedra de talla que también podemos encontrar en algunas molduras y elementos decorativos. Hay cantera labrada en las portadas y en el rosetón, además de todas las nervaduras de las bóvedas y del barandal del coro.

En las construcciones de mampostería, la piedra se puede catalogar como el material más importante. La formación de origen volcánico del noreste de Morelos genera básicamente piedras de basalto y granito, material que cuenta con gran resistencia y garantiza su existencia por mucho tiempo (Ledesma, 2011, p. 9). Para la construcción del templo de Yecapixtla se utilizó material del propio lugar y en ocasiones se transportaba de las poblaciones cercanas; por ejemplo, las



canteras fueron proporcionadas por los sujetos de Chalcatzingo, Jonacatepec y Xalostoc, y los obreros que trabajaron en la iglesia fueron tributarios del “señorío de Tlalnahuac” y del cual era cabecera “Acapixtla” o Yecapixtla (ICEM, 1994, p. 242).

De acuerdo con Ledesma (2011, p. 9-10), en cuanto a los morteros empleados, durante la época conventual del siglo XVI debieron ser parecidos a los usados en la época prehispánica, los cuales estaban compuestos de cal, arena y en ocasiones arcilla. En algunos casos la proporción de estos elementos es uno a uno, sin embargo, en otros morteros la arcilla aparece en mayor cantidad, pues tal parece que las arcillas de la región noreste del estado de Morelos son sumamente aptas para la construcción. Esta autora comenta que en ninguno de los casos se han descubierto morteros de cal pura quizás porque su resistencia pudiera ser menor a la del producto obtenido a partir de la combinación de cal arena y arcilla el cual fue un mortero con mayor resistencia a la compresión.

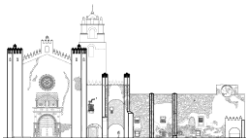
Los materiales que se ocuparon para la elaboración del mortero no se encontraban en Yecapixtla, por esta razón tuvieron la necesidad de traerlos de poblaciones cercanas al recinto; tal es el caso de los sujetos de Zacualpan, los cuales proporcionaron la cal para construir el convento, mientras que el pueblo de Xalpa brindó la arena. De igual manera, los sujetos del cerro Yoteco (Achichipico, Tesacala y Xochitlan) aportaron la madera (ICEM, 1994, p. 242) que, si bien, no se puede observar como material del inmueble, sin lugar a dudas, fue un elemento fundamental para el desarrollo de estructuras, así como para la elaboración de herramientas de trabajo como andamios, escaleras, poleas, entre otros (Ledesma, 2011, p. 8).

Sistemas estructurales de edificios históricos.

En cuanto a los elementos estructurales, sabemos que, en general, los edificios históricos fueron evolucionando con el paso del tiempo, por lo tanto antes del desarrollo de cubiertas abovedadas, sobre los muros de mampostería se apoyaban troncos o elementos de madera que funcionaban como techumbres. Más tarde, tuvieron la necesidad de cubrir espacios mucho más grandes, por esa razón las construcciones evolucionaron su sistema estructural con la aparición de columnas, arcos, contrafuertes y techos abovedados. La implementación del arco dio paso al desarrollo de la construcción en mampostería; pues el arco es la forma más eficiente para cubrir claros y aunado a ello con un material como la mampostería que resiste bien las compresiones y poco o nada las tensiones. (Huerta, 2004, p. 1).

a) Arcos.

Los constructores intuyeron que al tener un arco formado por dovelas, éstas trabajan mediante empujes transmitidos entre ellas, generando los esfuerzos responsables para mantener al arco en equilibrio; la fuerza resultante generará esfuerzos de compresión y tendrán una cierta distribución en la sección transversal de elemento. Cabe señalar que estos conocimientos los pudieron haber obtenido mediante las experiencias logradas en construcciones fallidas en donde el arco en algunas ocasiones colapsaba. Los apoyos de un arco son quienes reciben el empuje de la última dovela o sección del arco y deben tener la capacidad necesaria para poder resistirlo. Podemos afirmar que los elementos estructurales y los materiales empleados en la iglesia de



Yecapixtla se combinan perfectamente para trabajar de esta manera, pues son muestra de la forma de construir de aquella época soportando el inmueble que observamos hoy en día.

b) Bóvedas.

Los constructores romanos fueron quienes comenzaron a establecer el uso sistemático de la bóveda en proyectos de gran envergadura. Sus construcciones cuentan con apoyos estables cuya función es la de soportar grandes pesos. La sección de la nave se sostiene por disponer de estos apoyos; pues la bóveda, llámese de cañón, de arista o de medio punto, al estar terminada forma una especie de cascara homogénea carente de elasticidad que si llegara a sufrir un asentamiento ésta se fracturaría rompiéndose en trozos (Viollet-Le-Duc, 1996, p. 13).

Para cubrir los templos conventuales se buscó la construcción de bóvedas, la mayoría de cañón corrido, como en el templo de San Juan Bautista, cuya bóveda se extiende a lo largo de la nave. Es una bóveda al parecer muy simple en relación con otras mucho más elaboradas sin embargo fue una de las que mayormente se empleó para cubrir iglesias de este tipo. Este sistema constructivo puede suponerse como la proyección de arcos de medio punto a lo largo del eje longitudinal de la nave. De esta manera, el peso de la bóveda de cañón se distribuye sobre el ancho de los muros y contrafuertes descargando el gran peso de la bóveda hacia la cimentación. El espesor de la bóveda del templo es de 80 cm, con los riñones rellenos de mampostería a una altura mayor de la mitad de la flecha, lo cual provoca que el empuje se reduzca.

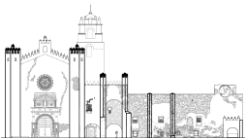
Como ya se comentó anteriormente, existen dos bóvedas más dentro de la iglesia, ambas son bóvedas vaídas, una se encuentra en el acceso oeste de la iglesia, debajo del coro y la otra cubre el presbiterio. Estas bóvedas cuentan con nervaduras en su intradós los cuales forman una especie de flores decorativas. Ambas tienen diferencias geométricas y son ligeramente rectangulares, este tipo de bóvedas son mucho más elaboradas que la de la nave y su detalle arquitectónico es mucho más complejo.

c) Muros.

Los muros son de gran altura, gruesos y con escasas aberturas; son austeros y en la parte superior están rematados con almenas en toda su longitud. Presentan el material típico de mampostería y sus espesores son variables; son el soporte del peso del edificio, y además de absorber los empujes laterales del coceo de los arcos soportan el efecto del viento y de los sismos en conjunto con los contrafuertes (Meli, 1999, p. 47).

d) Contrafuertes.

El templo de San Juan Bautista es de una sola nave con un claro de 12 metros el cual requiere de una estructura de contrafuerte que contrarreste el empuje de la bóveda. La función del contrafuerte es el de resistir los empujes producidos por las bóvedas, sirve de apoyo para los muros laterales del templo conventual. Estos elementos se sitúan apoyados directamente sobre los muros y están casi equidistantes, de esta manera el peso proveniente de la bóveda se reparte en cada tramo del templo. Cuando los muros y contrafuertes han tenido pequeños movimientos generan una reducida grieta longitudinal tal como pudo observarse en la iglesia durante la



realización de este trabajo. Sin embargo, los movimientos sísmicos más recientes han provocado nuevas grietas longitudinales indicándonos el movimiento de sus apoyos que, gracias a la contribución de los contrafuertes, han podido mantenerse en pie. Estos elementos y los muros son construidos normalmente por hiladas sobrepuestas de manera más o menos horizontal y para evitar fracturas suelen tener dimensiones bastante considerables.

2.3 Estado actual del templo.

2.3.1 Daños encontrados en el inmueble.

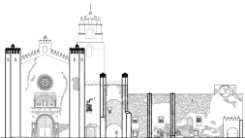
El templo es sin lugar a dudas uno de los espacios más importantes del conjunto conventual, pues en él desde sus inicios y hasta la actualidad se celebran las ceremonias religiosas mostrándose como el recinto de la divinidad y al mismo tiempo se presenta como un icono arquitectónico en donde se centra la belleza del inmueble. Al observar al templo del ex convento de San Juan Bautista estar de pie tal parece que a pesar de los siglos transcurridos el inmueble sigue en buenas condiciones, sin embargo, posiblemente pueden existir alteraciones poco visibles. Los principales motivos que conducen a esta problemática van desde la intervención del hombre, el contacto con el medio ambiente y los cambios naturales como vientos, lluvias, sismos entre otros; siendo éstos los de mayor influencia o más dañinos.

A pesar de que el inmueble está en uso, presenta alguna serie de problemas entre los cuales destacan la aparición de nidos de aves en el interior del templo, este factor posiblemente se da por falta de mantenimiento constante, manchas en paredes y techos por filtraciones de humedad, fisuras y grietas de escala pequeña, daños que si los comparamos con el periodo de vida del inmueble pueden parecer muy pocos, sin embargo, es necesario darle la importancia merecida e implementar las soluciones adecuadas para resolver dichos problemas y poder prevenir daños de mayor impacto.

Las instalaciones con las que cuenta el inmueble están colocadas de manera independiente a la estructura del edificio; las bajadas de aguas pluviales ubicadas sobre los garitones de los contrafuertes que dan hacia los patios, así como la instalación eléctrica la cual recorre sobre canaletas adosadas a los muros interiores del edificio nos hablan de un trabajo provisional el cual no afecta al inmueble evitando ranuras en los muros y bóvedas. En lo referente a la utilización del edificio existente, es preciso reconocer que los problemas aumentan con el período de vida del mismo.

Los constructores en otras épocas buscaban tener un edificio que fuera resistente, de ahí el uso de los tipos de materiales, sin embargo, eran otros tiempos en donde probablemente no consideraban el constante aumento de tráfico, ni la urbanización de las zonas en donde se edificó el inmueble suscitando excavaciones y construcciones cercanas al terreno, tampoco los problemas que podrían presentarse por la humedad causada por los temporales de lluvias en un largo plazo y probablemente nunca se enfrentaron a un movimiento sísmico de gran escala que pusiera en duda la durabilidad del edificio.

La iglesia ha sido intervenida con la adición de elementos de tipo decorativo como los altares en sus muros laterales o las pinturas y los frescos de la nave, tanto en muros como en bóveda. Sin embargo, no se ve una alteración considerable o irreversible por estos elementos.



Otros problemas, de mayor importancia, al que se ha enfrentado el templo son las acciones sísmicas soportadas a lo largo del tiempo, como los sismos más recientes del 15 de junio de 1999 y del 19 de septiembre de 2017, que tuvieron como epicentros cercanos a Morelos.

Deterioros por sismo de 1999.

El 15 de junio de 1999 aparecieron algunos daños a causa del sismo de 6.7 de magnitud, ocurrido en esa fecha, cuyo epicentro estuvo a 20 km de Tehuacán, Puebla, estado colindante con el estado de Morelos. El primero de los daños fue la aparición de una fisura longitudinal en la bóveda de la iglesia que inicia desde la fachada del coro y remata en el arco triunfal, la cual tenía de 5 a 7 mm de espesor y una longitud de 23 m, misma que provocó el escurrimiento por filtración de agua pluvial en el arco del cañón. Se presentaron fisuras en muros así como en el arco del coro y en el muro donde se encuentra el rosetón; de igual manera uno de los círculos del rosetón presentó daños pues perdió las juntas y a primera vista parecía tener un ligero desplazamiento. Aparecieron fisuras con ramificaciones en el muro testero del presbiterio. En la azotea se observó el escobillado fracturado y tres grietas que rebasan los lechos del cañón, traspasando el intradós de la bóveda y el arco. En la torre del campanario también se presentaron grietas, estas se dieron en las claves de los arcos.

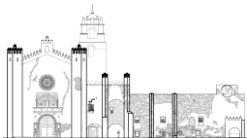
Daños por el sismo de 2017.



Figura 34. Agrietamiento en bóveda de la iglesia después del sismo del 19 de Septiembre de 2017. Fotografía tomada de un video de Francisco Erick Sánchez Zavala

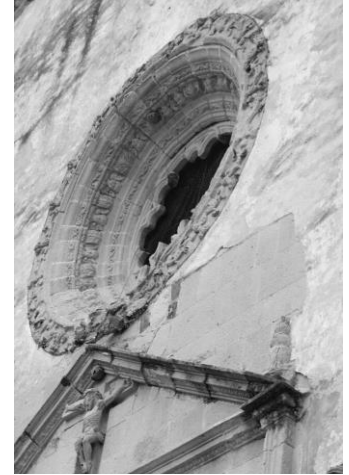
El principal deterioro que sufrió fue la abertura de grietas longitudinales a lo largo de toda la clave de la bóveda y puede ser catalogado como el daño más significativo de su estructura, pues los muros se aprecian en buenas condiciones. De igual manera apareció otra grieta de menor longitud a un costado de la mencionada anteriormente; esta segunda grieta se sitúa en el intradós de la bóveda que cubre a la nave central del templo. Sabemos por registros fotográficos e información de los Libros Blancos del centro INAH-Morelos, en sismos anteriores, como el de 1999, ya había presentado este problema tal como se mencionó anteriormente.

Otro daño encontrado fue el desprendimiento de gran parte del abocinado de una de las ventanas localizada en el muro norte de la nave central de la iglesia, parecido a una dovela de dimensiones considerables. En el presbiterio aparece otra grieta de dimensiones aparentemente pequeñas en la bóveda de nervaduras, así como también el desprendimiento de una de las claves ubicadas del lado norte que enlaza un combado con un tercelete en las



nervaduras de la bóveda. En el coro, una tercera parte del barandal se derrumbó, así como también el colapso de gran parte del rosetón de la fachada el cual permite la entrada de luz al coro.

En cuanto a los elementos exteriores, se encuentra el daño por fuerza cortante en la base de casi todas las almenas sobre los muros perimetrales y sobre la fachada de la iglesia, algunas colapsadas en su totalidad y otras con fisuras importantes. También se puede observar el derrumbe de los garitones de los dos contrafuertes ubicados al término de la nave central, exactamente en la parte exterior del arco del presbiterio. Otro desperfecto relevante fue el que sufrió la torre del convento, si bien es un elemento independiente de la iglesia, forman en conjunto una fachada imponente del complejo. Este elemento presenta múltiples agrietamientos y su parte más alta ha quedado colapsada, junto con su cupulín.



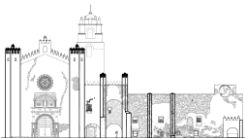
Figuras 35, 36 y 37. Daños encontrados en el exterior después del temblor del 19 de septiembre de 2017, en la primera imagen se observa el colapso del garitón de un contrafuerte, en la segunda imagen se muestra la pérdida del rosetón y en la tercera se aprecia el colapso de la parte superior de la torre. Fotografías de Francisco Erick Sánchez Zavala

2.3.2 Historial de intervenciones.

Se han llevado a cabo diferentes tipos de intervenciones en el templo a lo largo de la historia del conjunto conventual; este tipo de intervenciones aparecen registradas desde 1965; como, por ejemplo, la limpieza de las pinturas murales que se ha ejecutado desde aquella época. En 1967 se inició un programa de restauración a través del SEPANAL (Secretaría del Patrimonio Nacional) y el TAD (Taller de Arte Diocesano) el cual no pudo ser concluido (Gutiérrez, 2008, p. 3). Cabe señalar que las intervenciones se refieren a todo el convento por lo tanto solo se mencionaran las que se han registrado y realizado en la iglesia.

De la información de los Libros Blancos del Centro INAH-Morelos, se obtuvo que en el exterior, sobre el muro norte, justo a un costado del acceso al templo en algún momento se llegaron a construir

Figura 38. Portada norte del templo de San Juan Bautista en la cual se observa una construcción ajena al templo de Yecapixtla misma que fue demolida posteriormente. En la actualidad solo se alcanzan a ver manchas de cal sobre el muro de la iglesia. Fotografía propiedad de la fototeca nacional del INAH tomada en el año de 1935

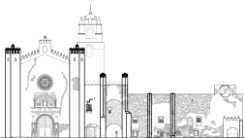


salones para la catequesis de la iglesia, como se aprecia en el costado izquierdo de la figura 38. Sin embargo, tiempo después fueron eliminados del lugar pues quitaban la originalidad del inmueble. En el interior del templo anteriormente existía un piso de tablonos de madera, el cual fue sustituido por un piso de mármol Santo Tomás, el 14 de marzo de 1991. La colocación del nuevo piso se realizó mediante placas de 0.60 x 0.40 m de color gris con una cenefa en color más oscuro que cubre todo el perímetro del templo.

En cuanto a lo ocurrido en el sismo del 15 de junio de 1999 la reparación de los daños se realizó de manera inmediata, en los muros afectados por grietas se llevó a cabo el remamposteo, mientras que para la consolidación de grietas en el lado norte del presbiterio se realizó mediante inyecciones. Por otra parte se sellaron e inyectaron grietas en el intradós de la bóveda y en la unión de la nave con el muro frontal. Los materiales que utilizaron para la reparación de grietas mediante inyección, terminado, pintura y/o impermeabilización fueron la cal viva apagada en obra, arena de tezontle rojo, cemento, nopal, entre otros.

En los Libros Blancos también hay evidencia de que se hizo una intervención más en el templo la cual consistió en la reconstrucción del barandal del coro y el rosetón, así como la restauración de la pintura mural la cual se llevó a cabo el 9 de enero de 2002. Posteriormente, el 27 de marzo de 2007 se ejecutaron trabajos de impermeabilización en la bóveda, esto por su mal estado de conservación. El 1 de febrero de 2008 se adentró a los procesos de restauración de las fachadas de cantera y puertas de acceso en las portadas norte y poniente del templo, así como la limpieza de chapetones originales en ambas puertas. También se realizó la limpieza de madera de las puertas con agua destilada, ácido cítrico y carbonato de amonio. Realización de pastas de resane tanto para el rejunteo en la unión de sillares y otra más fina para ribeteo y resane de piezas de cantera, mezcla de polvo mármol y cal proporción 1:1 para ribeteo y resane. Para rejunteo mezcla de cal arena de mina y arena de tezontle a una proporción de 2:1:1. Además también se realizaron trabajos en la torre que consistieron en el retiro de vegetación nociva en los paños de los cuerpos del campanario.

Cabe destacar que los llamados Libros Blancos son documentos en donde se hacen los registros de intervenciones en diferentes secciones del conjunto donde presentan mayor urgencia de mantenimiento preventivo. Las restauraciones se realizan mediante la inspección de personal profesional del INAH mientras que algunos de los trabajos de mantenimiento preventivo se han realizado dentro de un programa llamado Programa de Empleo Temporal (PET) el cual corre a cargo de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) en conjunto con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) Delegación Morelos (González, 2013, p. 1)



A raíz del sismo de septiembre de 2017, se iniciaron los trabajos de restauración del inmueble debido a los daños sufridos. En la primera semana de noviembre 2017 fue cuando comenzaron los trabajos emergentes de apuntalamiento, previos para su rescate, los trabajos iniciales consistieron en retirar todo el material desprendido por las fisuras y todos los escombros derivados del temblor, al mismo tiempo que se llevará a cabo el apuntalamiento de todas las zonas donde se presenta mayor vulnerabilidad. Estos trabajos serán realizados por una empresa constructora autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH); posterior a la valoración que el Instituto dé a los daños y se tenga el dictamen correspondiente se realizarán los trabajos de restauración, tarea nada sencilla pues todos los conventos del siglo XVI de la zona sufrieron muchos daños, algunos mucho más severos que otros.



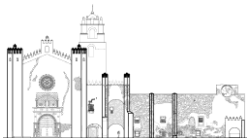
Figura 39. Fotografía en donde se observa el trabajo de cimbrado de las almenas que se encuentran en la parte alta de la fachada para su rehabilitación, al mismo tiempo se ven los daños del rosetón y la torre. Fotografía tomada por el autor Febrero 2018.

2.3.3 Conservación del templo de Yecapixtla.

En el territorio mexicano existen más de 110 mil monumentos históricos entre los cuales se encuentran los templos y conventos virreinales que muestran el grandioso patrimonio arquitectónico y artístico con las costumbres, hábitos y formas de tiempos pasados; los edificios antiguos nos presentan elementos constructivos que forman parte de una comunidad de otras épocas y cobran diferentes significados dependiendo de las personas que los observa (Roselló, 2011, p. 204-208).

De acuerdo con Sánchez Vega (2013, p. 213), el conjunto religioso de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, a pesar de la declaratoria brindada por la UNESCO, ésta por sí misma no protege al patrimonio como tal, ni tampoco depende mucho de los tres niveles de gobierno: federal, estatal y municipal, pues esta obligación recae principalmente en las personas que habitan en las poblaciones en donde se encuentra cada uno de los conjuntos conventuales. Esta tarea no es sencilla, pues no todos los habitantes que viven y conviven con el inmueble histórico están conscientes de su relevancia como patrimonio cultural edificado, asociando a los pocos recursos económicos con que se cuenta para la conservación y restauración.

En la actualidad, y después de diferentes procesos de crecimiento en el ámbito científico y cultural, se ha creado conciencia de la importancia del conjunto religioso de Yecapixtla, es por



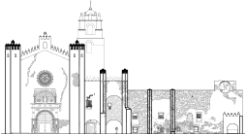
ello que la propuesta de conservar este edificio resulta ser muy significativa no solo desde el punto de vista de la devoción de sus fieles, sino como un foco de desarrollo local principalmente debido al turismo y a todas las actividades derivadas que esto implica. No está de más decir que el siglo XXI alienta la esperanza de seguir conservando este edificio religioso. Aunque el templo se ha revalorado como monumento no deja de ser expuesto a los diferentes problemas enfrentados a lo largo de su historia.

El mantenimiento preventivo del inmueble resulta esencial, pues sin éste el edificio comenzará a presentar una serie de problemas que, en caso de no atenderse, se empeorarían, de este modo el edificio pronto dará muestras de su decadencia. Por ello, el mantenimiento debe ser permanente para que los deterioros sean mínimos y evitar su crecimiento o su reproducción, pues el efecto ocasionado por la combinación de estos conducirá a un mayor número de afectaciones.

Respecto a lo que dicen organismos internacionales, Petzet y Ziesemer (2008, p. 113) señalan lo siguiente: *tanto la iglesia como el conjunto conventual de Yecapixtla no son construcciones aisladas sino que forman parte de una trama urbana al estar dentro de una población*, por lo que en un informe mundial sobre monumentos y sitios en peligro llevado a cabo en el periodo 2006/2007, el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) dio una serie de recomendaciones para el estudio integral de los componentes arquitectónicos e históricos de los inmuebles, así como para el trabajo en conjunto que deben realizar los miembros de cada comunidad para la preservación de los mismos.

Para efectuar una buena preservación del templo conventual es necesario dejar en manos de los especialistas los problemas ocasionados por el sismo del 19 de septiembre de 2017 y atender las alteraciones y daños de orden menor los cuales puedan ser corregidos de manera integral y más fácilmente. Antes del sismo la edificación ya presentaba daños superficiales como la presencia de nidos de aves en paredes interiores, fisuras o grietas consideradas de poca afectación a la estructura propia del edificio y desprendimientos mínimos. Esto se debe principalmente a la falta de mantenimiento periódico, lo cual provoca que agentes como la humedad, microorganismos, insectos entre otros, ocasionen daños de forma lenta pero que de no tratarse con prontitud pueden convertirse en algo más fuerte y ocasionar un proceso de intervención mucho más complejo. Es necesaria la intervención del inmueble a fin de rescatar todos los elementos y piezas que no se han visto afectadas ni mucho menos alteradas y evitar que los daños encontrados continúen con el proceso de debilitamiento del edificio, asegurando la permanencia del mismo y resguardándolo para las futuras generaciones.

Para un proyecto de intervención que ayude a la conservación del templo de Yecapixtla es necesario iniciar con trabajos de mantenimiento del mismo, la difusión del valor histórico y arquitectónico del edificio para la sociedad, así como también la obtención de datos sobre sus bases constructivas y estructurales que puedan servir para preservar la originalidad de la estructura del inmueble. El mantenimiento preventivo se puede realizar tomando como base los trabajos realizados durante décadas en el convento de Tepoztlán, como las que Sandoval (2011, p. 23) describe, con acciones que van desde las más sencillas, como los procedimientos periódicos de aseo, la eliminación de polvo, telarañas y nidos de aves ubicados en muros y techos; así como realizar limpieza en los cristales y madera de las ventanas, puertas y otros elementos decorativos como tracerías, altares, etc. albergados dentro de la iglesia, hasta otras

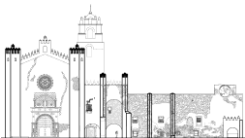


más complejas como llevar a cabo la tarea de fumigación para eliminar plagas o insectos que puedan alimentarse de la materia orgánica. Desechar la flora dañina que se pueda encontrar en exteriores e interiores. Revisar las instalaciones tanto eléctricas como hidráulicas de forma periódica para efectuar su buen funcionamiento. Este mantenimiento se pretende aplicar en todas las áreas y elementos del inmueble, atendiendo de manera más primordial aquellas que están más expuestas al deterioro.

Además de todo lo anterior es necesario efectuar acciones que requieren de un trabajo mayor y mucho más concreto, como mantener las bóvedas del edificio en óptimas condiciones, procurando la eliminación de objetos innecesarios y la disposición de sus elementos funcionales para la protección de la misma como las bajadas de agua y garitones en donde desembocan los arroyos de agua pluvial para evitar encharcamientos en la cubierta y por consecuencia desgaste del elemento. La superficie de la cubierta al igual que los muros exteriores, deberán permanecer libres de huecos, grietas o fisuras, por tal motivo se deberá de efectuar la supervisión e impermeabilización de los elementos de manera periódica según se requiera. Se recomienda tener cerrados los vanos de las ventanas con los cristales existentes y en caso de no tenerlo cubrir con una malla especial para impedir el acceso a las aves, esta acción debe aplicarse de igual manera en el rosetón del coro y debe vigilarse de manera constante que cumpla con dicha función.

Otro factor importante recae en las superficies y acabados del edificio, en sus pinturas murales las cuales requieren de trabajo especializado para que se pueda mantener en condiciones óptimas, así como manteniendo muros internos limpios y en buen estado. Cabe señalar que los problemas surgidos forman parte de su propia solución, es decir, debemos de estar conscientes de que con el paso del tiempo el edificio envejece y, además, la presencia frecuente de visitantes por ser un edificio histórico y turístico al igual de quienes asisten a las ceremonias religiosas que se celebran en repetidas ocasiones producen un impacto cotidiano el cual exige adoptar medidas preventivas, correctivas y restrictivas.

Para llevar a cabo la tarea de conservación de un inmueble histórico se necesita de la participación de distintas disciplinas para lograr los mejores resultados, por eso además de trabajos como los descritos anteriormente es necesario realizar análisis y estudios de diversos tipos, entre ellos, el de su estructura. Como ya se mencionó anteriormente, cualquier construcción con el paso del tiempo llega a presentar daños incluso afectando su estabilidad original. La seguridad del templo de San Juan Bautista radica en su estructura, por tanto, para preservarla es de suma importancia conocer el origen de su construcción estructural y cómo es su comportamiento ante la aplicación de diferentes condiciones de carga para lo cual se realizaran una serie de estudios que se describirán en los capítulos 3 y 4. Estos análisis serán un apoyo para el caso de alguna situación de restauración requerida, así el arquitecto o restaurador tendrá una base para iniciar las investigaciones y análisis necesarios a la hora de intervenir el edificio tal y como lo menciona Carlos Chanfón (1979, p. 06): *antes de restaurar, pero en vistas de restaurar, es necesario investigar. Muchos especialistas pueden investigar, pero solo el restaurador sabrá buscar los datos necesarios para programar su trabajo específico*. En caso de que la problemática lo requiera, se debe consultar especialistas vinculados con las tareas de restauración para la



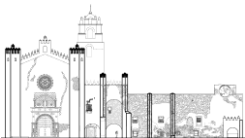
realización de investigaciones más concretas referentes a datos específicos sobre aspectos históricos, arquitectónicos, constructivos, estructurales, etc.

Por otra parte, también es importante retomar las recomendaciones brindadas por el ICOMOS mencionadas en su informe 2006/2007 para el rescate de monasterios del siglo XVI ubicados en las faldas del Popocatepetl. Sánchez Vega (2013, p. 212) comenta que anteriormente se ejecutó un proyecto interinstitucional entre la Coordinación de Monumentos Históricos (CNMH) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), el Departamento de Arte de Universidad Iberoamericana y la Universidad Pontificia de México, promoviendo los estudios de protección propuestos por la Subdirección de Catálogo y Zonas de la CNMH, proyecto que además de preparar a futuros investigadores y protectores del patrimonio histórico también ayudó a generar conciencia en los habitantes de las comunidades donde se emplazan los conjuntos conventuales de las faldas del volcán en Morelos; sin embargo, dicho proyecto solo tuvo la duración de año y medio y lamentablemente mucho menor duración en el convento de Yecapixtla.

En aquel proyecto se buscó que el inmueble fuera valorado por la población, se trabajó con Universidades ajenas a la comunidad y al estado de Morelos, por lo cual sería recomendable incluir a escuelas de la región como la Escuela de Estudios Superiores de Yecapixtla, que contempla la carrera de Ingeniero Arquitecto, campus perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, para abordar algún proyecto similar. De igual manera las Facultades de Arquitectura y Turismo de la misma universidad podrían apoyar en proyectos de este tipo. Esto fomentará a que los habitantes de las comunidades, además de ver al edificio como un escenario en el que ocurren muchos de sus eventos, se sientan parte de su historia, de su herencia cultural, mostrando sus distintos significados y que forma parte de la vida cotidiana de toda la comunidad otorgándole la importancia merecida para lo cual debe ser respetado y resguardado para las próximas generaciones.

En un proyecto de valorización del templo sería recomendable las siguientes actividades que ya realizaron las universidades y el INAH en el proyecto interinstitucional citado anteriormente (Sánchez Vega, 2013, p. 216-218):

- Para los alumnos de la universidad, dar una capacitación y asesoría acerca de la historia y arquitectura del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla para desarrollar conocimientos y puedan estar bien preparados en el tema. Involucrándolos en una investigación histórico-arquitectónica para tener una experiencia personal y un contacto con la comunidad pues una vez asesorados estos mismos alumnos pueden servir como apoyo para difundir la información concerniente al templo conventual con las personas del poblado de Yecapixtla.
- Para niños de preescolar y primaria se podría elaborar un cuento con la historia y arquitectura del templo, en el mismo documento incluir juegos como sopa de letras o serpientes y escaleras todos con temas referentes al templo de Yecapixtla, además de fotografías e ilustraciones del conjunto, comenzando como un primer escalón de aprendizaje al patrimonio.
- Para niños de secundaria y jóvenes de preparatoria realizar algunas series de exposiciones en donde se plasmen los datos más importantes sobre la historia y



arquitectura del inmueble, promoviendo el patrimonio en jóvenes y tratando de evitar vandalizar el conjunto arquitectónico como en muchos otros casos.

- Mientras tanto para los adultos y público en general otorgar trípticos o revistas con datos históricos y arquitectónicos con planos, fotografías e ilustraciones del inmueble, mostrando con relevancia la importancia que tiene el templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, haciendo conciencia para dar merecida calidad al conjunto.

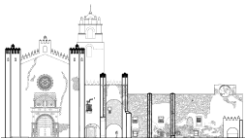
Debe existir relación entre el patrimonio cultura y la educación, la cual debe actualizarse con actividades como las que se describieron anteriormente. Ese proyecto estuvo orientado a la valoración social y a la educación, así como a la difusión de los valores del inmueble a los jóvenes para resaltar la gran riqueza cultural y la arquitectura de todo el conjunto religioso.

2.3.4 Normatividad.

Anteriormente se realizaban trabajos de rescate estructural sin ningún problema buscando siempre no afectar las características artísticas que enmarcaban la edificación, sin embargo, con la aplicación de nuevos materiales como el concreto reforzado y el acero, los estudiosos observaron que con el uso de este tipo de materiales los resultados obtenidos serían diferentes a los de los materiales originales, consiguiendo resultados más cercanos al de las construcciones actuales. Por lo tanto aparecieron una serie de lineamientos para llevar a cabo la debida protección de la condición original de la estructura de los inmuebles históricos, estos lineamientos pertenecían inicialmente a la Carta de Atenas de 1931, para la Restauración de Monumentos Históricos y posteriormente a la Carta de Venecia de 1964, que es la Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Sitios y Monumentos Históricos, en la cual la estructura de los monumentos se tomó en cuenta con un valor específico de los edificios (García, 2013, p. 109).

La Carta Internacional sobre la Conservación y la Restauración de Monumentos y Sitios menciona los siguientes artículos sobre conservación que van del 4 al 8:

- *Para llevar a cabo la conservación de los monumentos implica primeramente tener un mantenimiento constante.*
- *La conservación de monumentos siempre será beneficiada por su dedicación a una función útil a la sociedad; dicha función es deseable pero no puede alterar la ordenación o decoración de los edificios. Dentro de estos límites es donde se debe concebir y autorizar los acontecimientos exigidos por la evolución de los usos y costumbres.*
- *La conservación de un monumento implica la de un marco a su escala. Cuando el marco tradicional subsiste; éste será conservado, y toda construcción nueva, toda destrucción y cualquier arreglo que pudiera alterar las relaciones entre los volúmenes y los colores, será desechada.*
- *El monumento es inseparable de la historia de que es testigo y del lugar en el que está ubicado. En consecuencia, el desplazamiento de todo o parte de un monumento no puede ser consentido nada más que cuando la salvaguarda del monumento lo exija o cuando razones de un gran interés nacional o internacional lo justifiquen.*



- *Los elementos de escultura, pintura o decoración que son parte integrante de un monumento sólo pueden ser separados cuando esta medida sea la única viable para asegurar su conservación.*

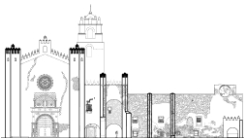
Actualmente existe una amplia gama de instituciones dedicadas a preservar y conservar el patrimonio arquitectónico, no obstante, los monumentos históricos de interés nacional es una responsabilidad del estado mexicano. La Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) es el área rectora, normativa y ejecutiva en materia de conservación de bienes muebles e inmuebles. Su trabajo es planificar, coordinar y vincular programas, proyectos y procesos de conservación y restauración del patrimonio cultural en todo el territorio mexicano, para lo cual cuenta con una política precisa que al interior del INAH se vincula con diversas dependencias pares, como las coordinaciones de Arqueología, de Monumentos Históricos y de Centros INAH, así como con otros organismos como la Dirección del Patrimonio Mundial (DPM), INAH, mientras que al exterior se coordina con el Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA), el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta), los institutos de los estados y otras instancias federales responsables de la conservación del patrimonio así como con organismos públicos y privados que colaboran a la preservación (CNCPC, INAH, 2014, p. 79).

SÍNTESIS DE PRINCIPIOS NORMATIVOS DE CONSERVACIÓN PLANTEADOS POR LA CNCPC-INAH

Para que una conservación sea legítima, ha de regirse por los siguientes principios:

- ° Debe respetar la integridad del patrimonio cultural basándose en la comprensión y consideración tanto de su materia, factura, aspecto o imagen, valores, significados, usos, asociaciones y contexto como de los actores sociales vinculados con él.
- ° Debe realizarse mediante un proceso metodológico fundado en un trabajo interdisciplinario con la finalidad de que éste contribuya al estudio, comprensión y transmisión de los valores de patrimonio cultural.
- ° Las decisiones que se tomen respecto de la conservación deben recurrir a la experiencia, los conocimientos, los juicios y la pericia de profesionales especializados en la materia.
- ° Debe dar preferencia a las acciones preventivas sobre las acciones directas.
- ° Debe documentarse, procurando que sus resultados se socialicen o publiquen.
- ° Deberá buscar alcanzar la más alta calidad posible, teniendo en cuenta la responsabilidad social y profesional que comporta la conservación del patrimonio cultural, la cual se considera una labor de interés público.

Principios de conservación en elaboración por la cncpc-inah (cncpc-inah, 2014, p. 80).



Capítulo 3

Estudio de proporciones y cálculo tradicional en el templo.

En este capítulo se aborda el estudio geométrico de proporciones y métodos tradicionales de dimensionamiento de elementos del templo. Estudio de la relación entre la geometría de sus elementos estructurales con las proporciones que los antiguos tratadistas de arquitectura plantean.



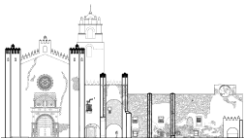
3.1 Proporciones usadas en arquitectura.

El concepto de proporción se refiere a un proceso de comparación que en distintas civilizaciones y en distintos periodos de la historia, se ha empleado con el uso de diferentes sistemas para proporcionar los grandes monumentos arquitectónicos. En los métodos de medición de longitudes en civilizaciones antiguas se empleaban partes del cuerpo humano como referencia, ya sea el dedo, la palma, el codo, el brazo, el pie, etc.; estos módulos representaban unidades básicas, con las que establecieron sistemas de medición permanentes. La comparación de dichas unidades de medida dio lugar a diferentes sistemas de proporciones. El carácter de estos sistemas de medición hizo que la teoría de proporciones tuviera un papel relevante en la arquitectura, de hecho, la teoría de la proporción tuvo gran importancia en la época del Renacimiento cuando los edificios eran diseñados con algún de sistema de proporciones (Calcerrada, 2013, p. 47-48).

La práctica arquitectónica a menudo ha utilizado los sistemas proporcionales para generar o limitar las formas que se consideran correctas para posteriormente incluirlas en un edificio. En muchos de los edificios tradicionales construidos por arquitectos, muy probablemente exista un sistema de relaciones matemáticas que rige las relaciones entre los aspectos de diseño. Estos sistemas de proporción frecuentemente resultan ser bastantes sencillos como lo son las relaciones de números enteros. La proporción ha sido utilizada desde tiempos muy antiguos en el establecimiento de las ciudades, estadios, iglesias, edificios públicos, etc. Gracias a la proporción, en la actualidad los arquitectos organizan sus construcciones, otorgándoles unidad y belleza; las que podemos encontrar desde el diseño de la planta arquitectónica, hasta en las portadas del edificio.

Existen varios métodos de proporción que han sido aplicados en edificios antiguos por sus constructores, entre ellos, la sección áurea, en edificios antiguos de Grecia, y la sección cordobesa, en la mezquita de Córdoba. La sección áurea, es una proporción entre medidas, establece que la relación entre lo pequeño y lo grande es la misma entre lo grande y el todo. Puede representarse mediante un rectángulo cuya proporción entre sus lados es el número inconmensurable de 1.61803398864... De igual manera está la proporción cordobesa, la cual se representa por medio de un rectángulo en el que la proporción de sus lados es de 1.306562964... Debido a que se encontró por primera vez en las dimensiones de la Mezquita de Córdoba, le llamaron sección cordobesa. Por otra parte, además de estas dos proporciones, existen tramas muy interesantes para realizar un análisis de proporciones de plantas arquitectónicas y fachadas que también han sido estudiadas en edificios antiguos, principalmente en iglesias (Doblado, 2003, p. 1).

Por otra parte, para el diseño de la estructura de edificios antiguos de mampostería, también se desarrollaron reglas de tipo geométrico que servían para obtener las dimensiones de sus elementos estructurales y lograr proporciones de estructuras estables. Este tipo de reglas han sido estudiadas por varios autores, entre ellos Santiago Huerta (2004).



3.2 Los tratados y la arquitectura de la Nueva España.

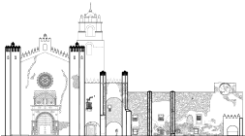
La edificación de la arquitectura religiosa en el siglo XVI en México de acuerdo con la hipótesis de Kubler (2012, p. 239-241), nos dice que los constructores religiosos fueron dirigidos por los frailes, los cuales se guiaron de las experiencias constructivas tomadas en Europa, así como de documentos y libros traídos del viejo continente. Se sabe que en los primeros años de construcción los frailes orientaban a los trabajadores mediante conocimientos posiblemente traídos del continente europeo, pero no todo el tiempo se llevó a cabo esa práctica constructiva pues existen edificios mucho más elaborados y complejos, los cuales tuvieron que haber sido edificados bajo el mando de constructores y arquitectos experimentados.

En Europa, a principios del siglo XVI, se comenzaron a propagar recomendaciones y escritos de arquitectos sobre criterios para definir las dimensiones de los elementos principales de algunas construcciones, entre las que destacan las de Alberti, Palladio y Serlio. Estas reglas definían desde el dimensionamiento de las estructuras de los templos hasta las anchuras que se requerían para la realización de puentes. Como se sabe, la proporción y la geometría juegan un papel fundamental para la elaboración de cualquier edificio, por ello estas reglas estaban basadas principalmente en eso. Parece ser que el concepto de diseño de templos no se desarrolló simplemente por experiencias antes vistas, pues al ver los más de 300 edificios conventuales en la Nueva España nos da la posibilidad de pensar que para la construcción de éstos se necesitó la labor de constructores experimentados. Los tratados de construcción redactados en Europa nos pueden servir como una pauta para tener un mejor entendimiento sobre el diseño del edificio en estudio.

Resulta bastante difícil saber si los constructores del siglo XVI en la Nueva España se guiaron de algunas reglas para llevar a cabo la construcción de los edificios religiosos de aquella época pues existen escasos datos que nos puedan asegurar la implementación de éstas, no obstante, las indagaciones en archivos realizadas por especialistas nos permiten afirmar que si bien no poseían los libros de construcción, al menos tenían la experiencia y capacitación suficiente para ejecutar dicha actividad. A pesar de la divulgación de esos documentos en Europa en épocas tempranas, estos criterios no se hicieron presentes en la Nueva España hasta después de la mitad del siglo XVI (Meli, 2011, p. 102).

Los tratados donde vienen estas reglas, pueden servir como una fuente importante para conocer la práctica constructiva de aquella época; contienen reglas donde se determinan las dimensiones de los elementos estructurales para conformar los edificios de complejos religiosos; donde, la proporción juega un papel muy importante dentro de estas reglas. ¿Los tratados de construcción fueron la base para ejecutar las construcciones religiosas del siglo XVI en la Nueva España? De ser posible, no se sabe con exactitud la práctica utilitaria que los constructores le dieron a los tratados de construcción, sin embargo, podemos obtener una aproximación de la influencia de éstos estudiándolos y aplicándolos en el templo conventual y haciendo una comparativa con los contenidos de los textos.

Probablemente los constructores antiguos se dieron cuenta que una geometría bien aplicada podría garantizar la estabilidad de una estructura, tomando en cuenta la calidad



excepcional de los materiales. Las reglas estructurales nos hablan en concreto de la teoría empleada por los antiguos constructores a la hora de calcular las dimensiones de la estructura de sus edificios. Es una disciplina muy antigua en la que las grandes construcciones antiguas no fueron obra de aficionados sino de profesionales expertos tales como lo son maestros constructores. Es importante conocer como fue esa teoría aplicada en los templos, cómo decidían las dimensiones de los elementos principales: la forma y espesor de las bóvedas, el tamaño de los estribos, entre otras. Existen infinidad de reglas para construcciones antiguas sin embargo en este trabajo nos adentraremos a las que puedan ser de utilidad para ser aplicadas en el templo a estudiar.

3.3 Reglas de proporción en el diseño del templo de Yecapixtla.

3.3.1 Reglas de proporción.

Los elementos estructurales que integran el templo de Yecapixtla, como sus muros, contrafuertes, arcos y bóvedas, forman parte de un sistema estructural que ha permitido su estabilidad hasta nuestros días. El estudio de su trazo y proporción en relación con los demás elementos que conforman el templo es muy importante, pues con ello podemos identificar cómo sus constructores decidieron el diseño y construcción del edificio en función de los tratados de arquitectura de aquella época. Es decir, podremos conocer si las reglas tanto estructurales como de tipo geométrico existentes fueron consideradas para la edificación del templo de Yecapixtla.

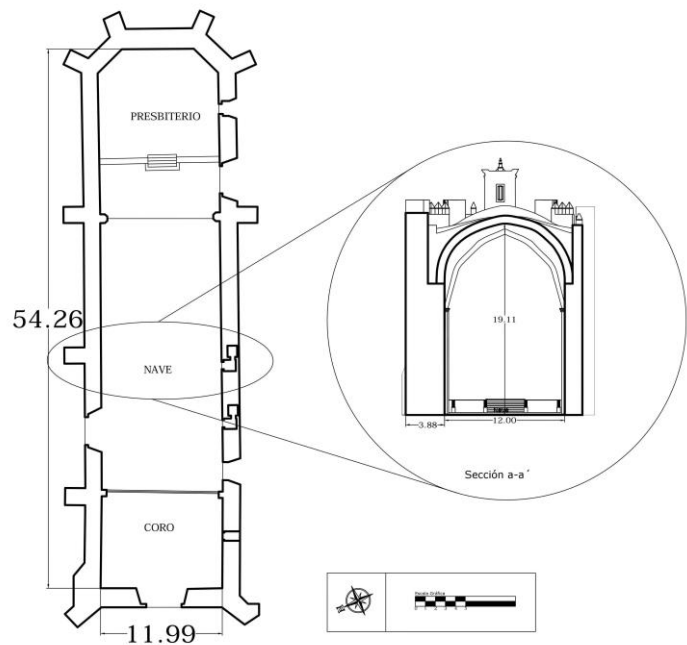
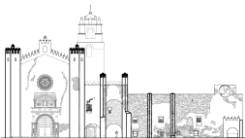


Figura 40. Sección del templo donde se aplicaran las reglas geométricas. Dibujo realizado por el autor.

Inicialmente se tratará de descifrar los procedimientos y sistemas de proporción que se utilizaron en la planificación y control del templo, definir y representar de manera gráfica cuál pudo ser el trazo regulador utilizado o las bases geométricas empleadas para la realización del edificio. La geometría, simetría y proporción juegan un papel muy importante para la traza de cualquier arquitectura es por ello que trataremos de verificar la existencia de un modelo de



trazado para el proyecto de la iglesia del convento de San Juan Bautista, todo esto mediante la aplicación de estudios proporcionales.

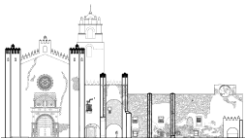
Por otra parte, se aplicarán las reglas geométricas que sirven para determinar el dimensionamiento de los elementos estructurales típicos, existían gran variedad de éstas y de diferente grado de complejidad así como de diferentes autores entre los cuales destacan Alberti, Martínez de Aranda, Rodrigo Gil de Hontañón y Fray Lorenzo de San Nicolás. Con ello podemos realizar un análisis concreto sobre las posibles aplicaciones de las reglas geométricas y proporciones a este edificio.

Cabe destacar que la aplicación de las reglas se desarrolló tomando en cuenta una sección con las medidas del muro y contrafuerte en conjunto pues los resultados fueron más próximos en relación con las obtenidas al aplicarlas solamente en el muro (figura 40). A continuación se realizará un estudio de la planta del templo, de su fachada y torre, de las proporciones de sus elementos estructurales aplicando las reglas geométricas de construcciones antiguas así como las proporciones usadas en la arquitectura.

Debemos señalar que la aplicación de reglas en este capítulo se realizó en los dibujos con medidas a escala obtenidos después de los levantamientos arquitectónicos necesarios. Tanto levantamientos arquitectónicos, como dibujos y la aplicación de las reglas se ejecutaron antes del sismo del 19 de septiembre de 2017. Se estudiaron diversas reglas que pudieron haber sido aplicadas en el templo, sin embargo, no todas arrojaron resultados similares a las medidas reales, por lo tanto, sólo se hará mención de las consideradas más cercanas y que posiblemente pudieron ser aplicadas para el dimensionamiento del templo. La primera es de Hernán Ruiz (ver anexo 6), un tratadista que maneja una gran cantidad de temas de entre los cuales, nos menciona una regla para encontrar el estribo correspondiente a cualquier arco (Huerta, 2004, p. 149).

Por otro lado, se estudiaron cuatro reglas del famoso arquitecto Rodrigo Gil de Hontañón que se acercan considerablemente a las medidas del templo en estudio. Las reglas aplicadas las menciona y plasma de manera gráfica por medio de trazos geométricos y fórmulas para la obtención de los dimensionamientos de muros y contrafuertes. Las cuatro reglas de este tratadista son diferenciadas como regla 1, regla 2, regla 3 y regla 4. La regla 1 y 2 de Hontañón (ver anexos 7 y 8) son análogas e inicialmente se tratan de obtener el espesor del estribo y la altura de la carga respectivamente por medio de una fórmula algebraica, una vez obtenidos se continúa la elaboración de manera gráfica (Huerta, 2004, p. 227).

Las reglas 3 y 4 consisten en un dibujo gráfico muy similar entre ellas (ver anexos 9 y 10). La regla 3 constituye un intento de establecer una regla estructural para determinar las proporciones correctas de un arco y sus estribos. Esta regla considera todos los parámetros geométricos que intervienen como el espesor del arco, la luz del vano y el espesor y altura del estribo (Huerta, 2004, p. 231). En ésta no se especifica la altura de la carga como en las reglas anteriores por lo cual es una regla en donde simplemente se desarrolla de manera gráfica. La regla 4 sirve para calcular el estribo de un arco o bóveda de cañón de cualquier perfil. En relación con la regla 3 la diferencia consiste en su generalización para todo tipo



de arcos y en la eliminación del espesor del arco en la construcción (Huerta, 2004, p. 235); los resultados obtenidos durante la aplicación de estas reglas estructurales los podemos ver en el apartado 3.3.5 de este capítulo.

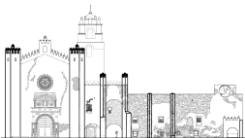
3.3.2 Estudio de la planta arquitectónica.

Estudio de las unidades de medida.

¿Qué tipo de sistema de medición se utilizó para llevar a cabo la edificación del templo? Para elaborar el estudio métrico fue indispensable localizar e interpretar el sistema de medición que se utilizaba en aquella época cuando se llevó a cabo la construcción del templo. Una de las unidades de medición más utilizada en los antiguos sistemas de medición es la vara; entre los varios tipos de vara, la castellana fue de las primeras españolas y a la que se equiparon las medidas de otras regiones cuando se unificó España. En el año de 1521 Hernán Cortés ordena el uso de la vara como medida oficial en la Nueva España (Rocha, 2013, p. 68). La vara castellana fue llevada, como cultura española a la colonización de América, y con ella inicialmente los constructores levantaron los planos de las nuevas ciudades fundadas en ese continente (García Montes, s.a., p. 153-156). En la Nueva España esta unidad de medida fue también apropiada y se creó una vara conocida como vara mexicana, la cual corresponde con exactitud a la vara castellana de burgos, misma que medía 0.838 m y posteriormente se redondeó a 0.84 m para facilitar la conversión con el sistema métrico decimal (Zavala, 2011, p. 62).

Después de haber obtenido las medidas del templo de Yecapixtla, principalmente su planta, tenemos que en el interior de ésta y tomando como ejes de muro a muro, la anchura tiene una medida muy cercana a los 12 m oscilando entre los 11.96 y 11.99 m. Para conocer el número exacto de varas utilizadas para la construcción de la planta realizamos una conversión del sistema métrico actual con el de las varas antiguas y obtenemos que una catorceava parte de la anchura de la nave nos da una dimensión de 0.855 m, cercana a la de la vara mexicana de 0.84 m. Se realizaron comparaciones con las medidas de otros tipos de varas y su precisión es más exacta comparándola con la vara de Lugo cuya medida es la de 0.855 m. Otra opción es el uso de fracciones de la vara, en este caso, los pies, los cuales corresponden a un tercio de vara. Si tomamos la vara castellana de 0.8359 m, obtenemos que el claro interior de la iglesia de Yecapixtla coincide con 43 pies, igual a 11.98 m, siendo ésta la unidad de medida antigua más cercana.

Si tomamos la vara de Lugo, encontramos que la anchura del templo es de 14 varas, la longitud del coro es de 11 varas, la longitud de la nave central es de 32 varas, el espesor del muro sur ubicado pegado al convento, de 2 varas y en la anchura del acceso principal con dirección al atrio, de 4 varas (figura 41). Si tomamos la vara castellana, encontramos que la anchura del templo es de 43 pies, la longitud de toda la nave 65 varas o 195 pies, la longitud del coro es de 11 varas (figura 42).



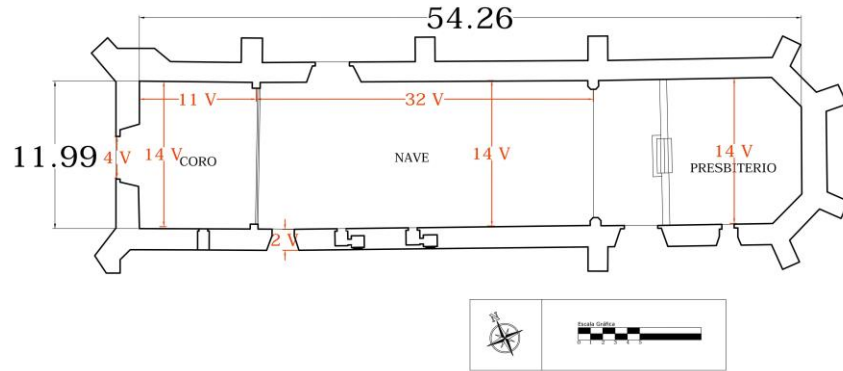


Figura 41. Planta arquitectónica, acotado con varas de Lugo reflejadas en algunos espacios del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Dibujo realizado por el autor

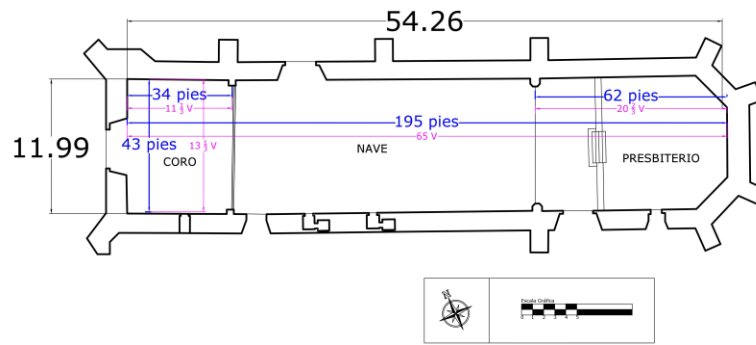
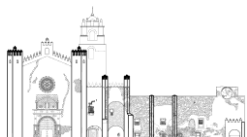


Figura 42. Planta arquitectónica, acotado con varas castellanas y pies reflejadas en algunos espacios del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Dibujo realizado por el autor

Relación claro-longitud.

La iglesia de Yecapixtla presenta las características de una iglesia agustina típica mexicana del siglo XVI, Kubler nos dice que estas iglesias son las más largas y angostas y tienen un parecido con las franciscanas. En México los templos tenían una relación de claro longitud de 1:4 (Kubler, 2012, p. 301). En el caso de Yecapixtla, la iglesia presenta una longitud de 54.26 m y un ancho de 11.99 m, obteniendo una geometría con una proporción de 1:4.5, es decir tiene una longitud de 4.5 veces mayor que la del claro (figura 43), teniendo una proporción muy similar a la de otras iglesias de este tipo tal como lo menciona Kubler.



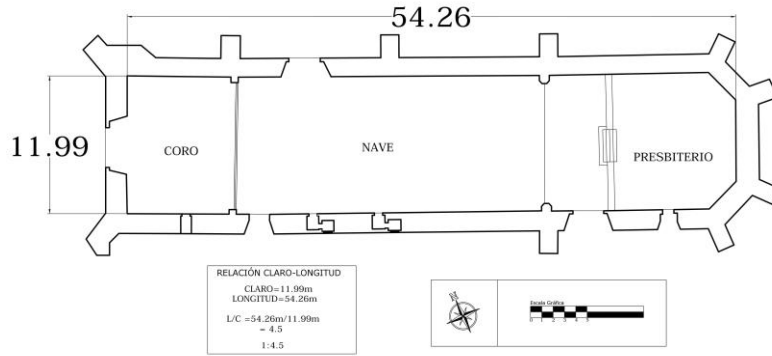


Figura 43. Planta Arquitectónica, relación claro-longitud del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.

Otros sistemas de proporción posiblemente aplicados:

a) Sección Áurea.

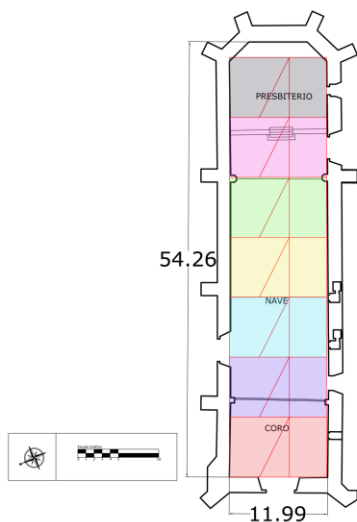
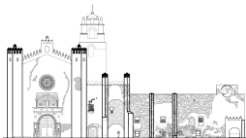


Figura 44. Aplicación de la sección aurea en la planta de la iglesia de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.

Del estudio de la sección áurea en el interior de la nave del templo, obtenemos que el claro interior está contenido dentro del rectángulo áureo, sólo con una diferencia de 7 a 14 cm en algunas zonas, siendo más cercano en el presbiterio y el coro. De igual manera, al replicar el rectángulo áureo a lo largo de la nave, obtenemos una serie de siete sucesiones de esta regla en la planta de la iglesia, partiendo desde el coro hasta el presbiterio. Obtenemos una distancia muy cercana, con diferencia de 50 cm en su longitud. Podemos considerar que no es casual que la planta se aproxime casi con exactitud a las siete sucesiones de la llamada sección áurea (figura 44), probablemente no se hayan basado en la aplicación de este sistema de proporción sin embargo es muy interesante observar el resultado de la aplicación.



b) *Proporción cordobesa.*

Se aplicó esta regla en el coro y la nave al interior de la iglesia obteniendo resultados muy precisos. La planta del coro constituye claramente un rectángulo cordobés teniendo las siguientes dimensiones, 11.99 m en sentido horizontal y 9.18 m en sentido vertical, teniendo como relación de proporción 1.305010893 que es muy cercano al número cordobés de 1.306562964. De igual manera esto sucede en la nave del templo pero en ésta, la regla se aplica tres veces con las mismas dimensiones del coro (figura 45), obteniendo resultados muy exactos.

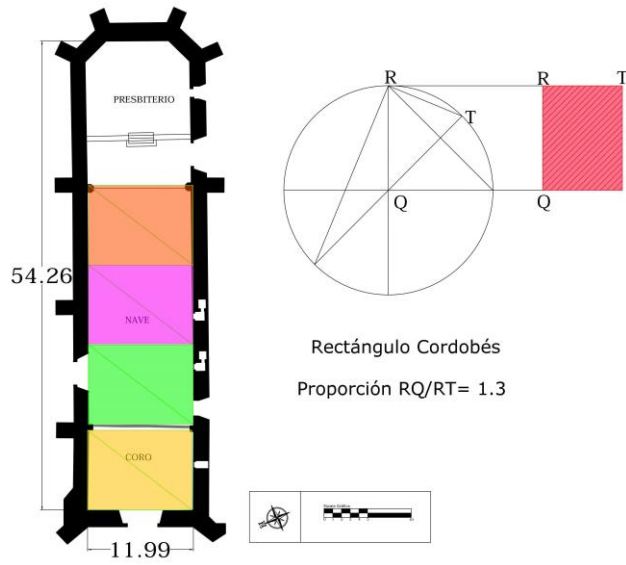
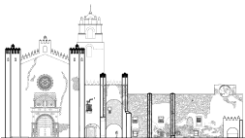


Figura 45. Aplicación del rectángulo cordobés en el sotocoro y nave central del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.

c) *Trama.*

Existe una trama modular basada en el cuadrado de todo el interior de la planta del templo, esto marca un orden y al mismo tiempo las proporciones de la misma. El entramado total que se puede observar es por medio de cuadrados con dimensiones de tres metros en cada lado, existiendo 4 módulos en el ancho de la nave y 18 en la longitud, obteniendo una proporción de medidas de 4.5 como se hizo anteriormente, haciendo falta escasos 26 cm en relación con la medida real para ser una trama exacta. Se observa la exactitud de la trama que separa el coro, la nave y el presbiterio; en el primero la trama existente es de 4 módulos de su lado más largo y de 3 módulos en su lado más corto teniendo una proporción de 1.333333... muy parecida a la identificada anteriormente con el rectángulo cordobés. Por otra parte, en la nave central del templo su lado más corto cuenta con 4 módulos y su lado más largo tiene 9 módulos faltando 45 cm para obtener una trama exacta, es preciso mencionar que en la nave cabe exactamente 3 veces la trama encontrada en el coro (figura 46). Y por último, el presbiterio, si lo consideramos hasta el arco triunfal tiene 4 módulos de ancho y 6 de largo; y de 4 por 4 módulos exactamente, si lo consideramos a partir de los escalones.



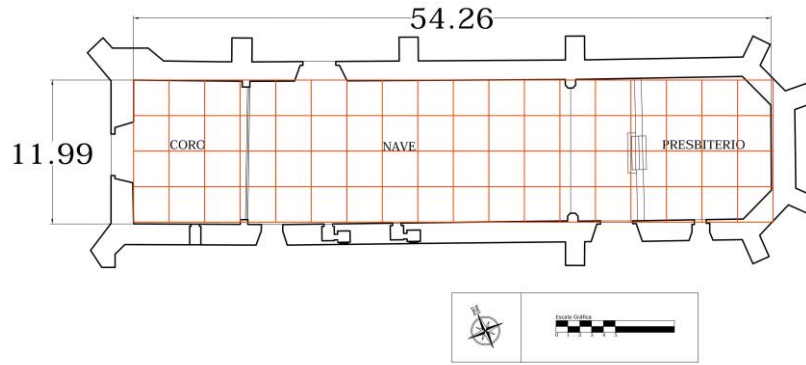
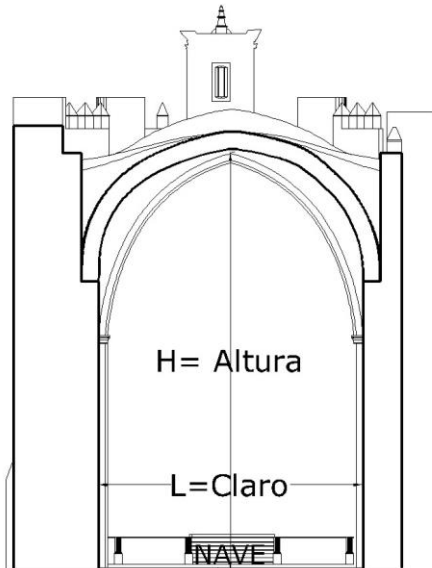


Figura 46. Trama modular identificada en la planta de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.

3.3.3 Estudio de la nave.

a) Relación claro-altura.

Los templos cubiertos con bóveda de cañón corrido se caracterizan por ser altos y esbeltos, si bien la iglesia de Yecapixtla no está cubierta en su totalidad por este tipo de bóveda si lo hace al menos en el área de su nave central y en el coro. En cuanto a la proporción existente entre altura y claro H/L, la medida que se tiene es de un claro de 11.98 m y una altura de 19.11 m obteniendo como resultado una relación de 1.6 (figura 47), logrando una proporción la cual queda dentro del rango de proporciones en donde se encuentran la mayoría de los templos mexicanos en la que su relación oscila entre el 1.5 y 1.8 (García, 2007, p. 19).

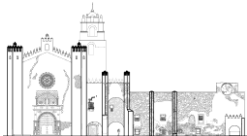


Relación entre altura y claro de la nave

$$H/L = 19.11/11.99 = 1.59$$

1.6

Figura 47. Relación claro-altura del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Dibujo realizado por el autor.



b) *Directriz en arcos.*

La directriz o generatriz del perfil de la bóveda de cañón corrido de la nave de la iglesia puede observarse como una forma semicircular, con una directriz recta; no obstante la flecha de la bóveda está un poco más rebajada en comparación al semicírculo con el diámetro del ancho de la nave. Esto se debe muy probablemente a los movimientos que el edificio ha tenido a lo largo del tiempo los cuales han ocasionado el agrietamiento longitudinal de la nave, característica muy común en la mayoría de las iglesias de este tipo; sin embargo, la semicircunferencia es muy parecida a la bóveda (figura 48).

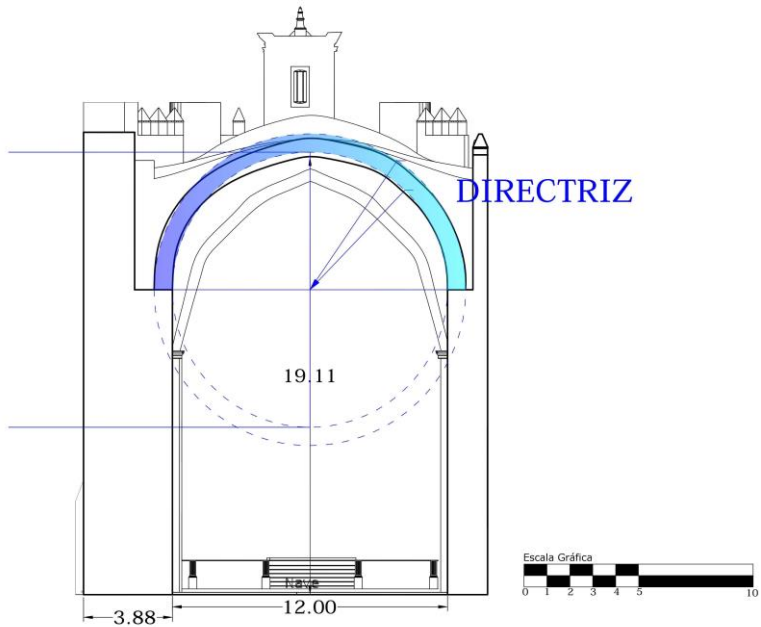
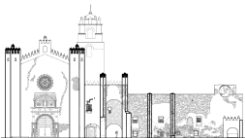
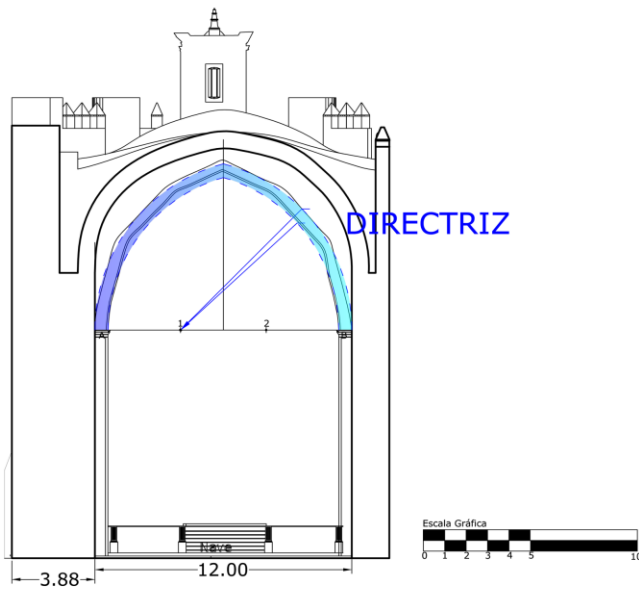


Figura 48. Generatriz o directriz de un arco para la proyección de la bóveda de cañón del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.





Por otra parte, el arco triunfal es de tipo ojival y es muy común encontrarlo en la arquitectura gótica. El arco ojival se compone de dos segmentos de círculo trazados desde dos puntos que se intersectan en la clave, formando un ángulo central; su forma da la posibilidad de construir una estructura más elevada, con mayor verticalidad y menor espesor de apoyos. Al aplicar el trazo de un arco ojival en este arco triunfal y haciendo el estudio de comparación con el resultado obtenido en la investigación de campo, tenemos que se

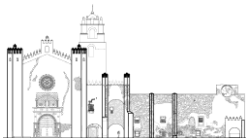
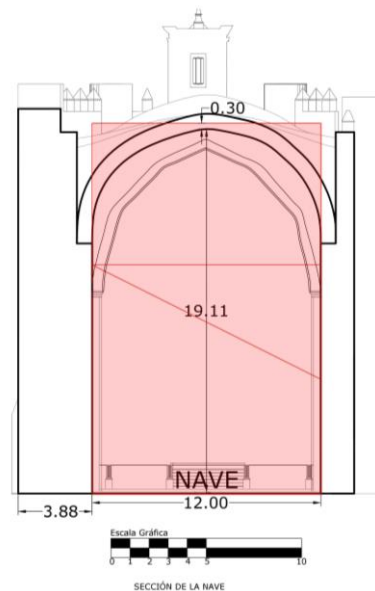
Figura 49. Generatriz o directriz de un arco ojival para la proyección del arco triunfal del presbiterio del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.

aproxima al trazo de la figura 49, donde el claro se divide en tres partes y con centro en las divisiones centrales se traza el arco con facilidad.

c) Proporción áurea en la sección de la nave.

Al aplicar la sección áurea en uno de los cortes de la nave se observa que la altura interior del templo coincide casi exactamente con el rectángulo áureo, quedando éste solo 30 cm más grande en comparación con la dimensión real. Cabe señalar que la clave de la bóveda debió descender ligeramente, como ya se comentó en el inciso anterior, y posiblemente por eso al aplicar la sección áurea no sea tan exacta (figura 50).

Figura 50. Aplicación de la sección áurea en un corte del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.



3.3.4 Estudio geométrico de la fachada y la torre.

Fachada.

Al parecer la ejecución del levantamiento de la fachada se realizó sin seguir algún tipo de regla de proporción, pues al realizar los análisis correspondientes sólo se encontró cercanía entre el rectángulo áureo y el ancho de la fachada.

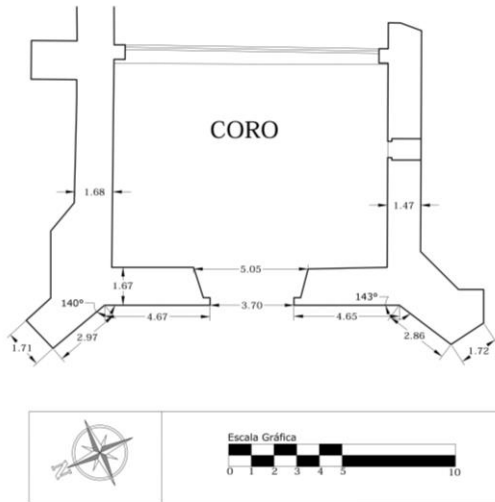


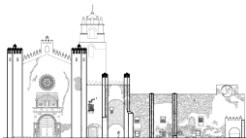
Figura 51. Dimensionamiento en metros de los muros de la fachada de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos (vista en planta). Dibujo realizado por el autor.

La altura total de la fachada es de 20.54 m desde el suelo y tomando como punto más alto el elemento que es muy similar a un frontón, su anchura es de 12.95 m obteniendo una proporción de 1.58 muy cercana al 1.6 de la sección áurea. La altura existente hasta el comienzo del frontón es de 17.85 m en comparación con la anchura de 12.95 m tenemos una proporción de 1.37 sobrepasando un poco el 1.3 del rectángulo cordobés, el rosetón ubicado en el centro de la portada tiene un diámetro de 1.98 m y su área abocinada que lo rodea tiene un diámetro de 4.094 m, lo doble del rosetón, obteniendo una proporción de 2.0 y se encuentra colocado a una altura de 12.60 m. Existen dos contrafuertes colocados de forma oblicua con respecto a los muros de la portada, ambos tienen dimensiones similares, el contrafuerte colocado en el muro con dirección al norte mide 2.97 m de largo por 1.71 m de ancho, mientras tanto el localizado junto al convento mide 2.86 m de largo por 1.72 m de ancho, éste último cuenta con una proporción de 1.66 sobrepasando por un mínimo el 1.6 del número áureo, ambos tienen un ángulo de apertura de 140 y 143 grados respectivamente. En cuanto a las dimensiones de sus muros, éstos son muy distintos en varias partes del conjunto; la anchura del muro de la fachada frontal es de 1.67 m muy similar a la anchura del muro norte el cual tiene una dimensión de 1.68 m, por otra parte el muro que está pegado al convento tiene una dimensión menor la cual es de 1.47 m, este muro probablemente tiene una anchura más pequeña pues probablemente el convento puede funcionar como un cuerpo de soporte para ese muro de la iglesia.

Torre.

a) Reglas históricas aplicables.

La torre cuenta con una altura de 31.77 m tomando en consideración desde el suelo hasta el punto más alto del campanario, y de 24.77 m, sin tomar en cuenta los campanarios. Tiene planta casi cuadrangular, pues sus lados no son iguales, por un lado, tiene una longitud de 7.25 m y por el otro, de 6.59 m; la anchura de sus muros es de 1.47 m, en el que colinda con la iglesia, muy similar a la del muro por el cual se accede al convento desde el atrio, el



cual cuenta con una anchura de 1.46 m. El ancho de los muros de la torre colindantes con el convento es menor a éstos; uno de ellos mide 1.18 m y el otro, 1.07 m (Figura 52).

En el estudio de reglas antiguas aplicadas en la torre se obtuvo que ninguna coincide con sus dimensiones generales de la misma, ni de sus elementos pues las dimensiones reales en algunos casos son superiores a las estipuladas por las reglas, quedando estas dentro de los rangos admisibles, mientras que en otras quedan fuera de lo admitido. Para ello, se estudiaron reglas de Alberti, Rodrigo Gil de Hontañón, Fray Lorenzo, Simón García y García Berruguilla. Es necesario mencionar que la torre no fue producto del siglo XVI como tal, pues según fuentes recabadas este elemento arquitectónico fue adaptado en épocas posteriores a la construcción del edificio.

En todas las reglas se trata de obtener la altura, la anchura y el grosor de los muros de la torre, todas relacionadas entre sí. La medida de la altura utilizada para este estudio sólo fue de la torre sin tomar en consideración el campanario, la cual es de 24.77 m. Alberti menciona en sus reglas (Huerta, 2004, p. 191-193) que para las torres gruesas de base cuadrada la anchura de su base debería de ser un cuarto de su altura es decir una cuarta parte de los 24.77 m obteniendo como resultado una esbeltez de 6.19 m, mientras que la anchura real es de 7.25 m por un lado y de 6.59 m del otro. Es decir, sus dimensiones quedarían dentro de lo considerado por Alberti para la estabilidad de una torre. En cuanto al espesor de los muros, este mismo tratadista, dice que éstos deben tener una quinceava parte de su altura. En este caso, los 24.77 m entre quince nos da como resultado muros con grosor de 1.65 m estando a 0.18 m de diferencia de dos de los muros de la torre los cuales tienen 1.47 m y 1.46 m respectivamente. Es decir, para Alberti estarían inseguros pues faltarían alrededor de 20 cm.

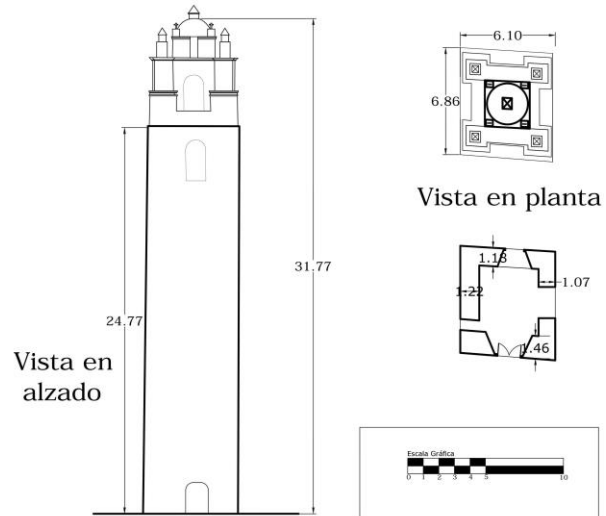
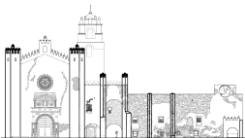


Figura 52. Medidas de la torre del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.

Rodrigo Gil de Hontañón menciona (Huerta, 2004, p. 221-223) que la altura de un torre debe de ser cuatro veces mayor a la esbeltez de su base. Si tomamos como esbeltez el lado cuya medida es de 6.59 m obtendríamos una altura de 26.36 m mientras tanto si aplicamos los 7.25 m del otro lado tendríamos como resultado la altura de 29 m, en ambos casos resulta ser mayor a los 24.77 m que tiene la torre, es decir, estaría dentro de la seguridad para este tratadista. Fray Lorenzo (Huerta, 2004, p. 253-256) hace mención en su tratado que el espesor de las paredes va en función del ancho y no de la altura como lo hacían otros autores, para este autor el espesor del muro debe de tener una cuarta parte del ancho, si tomamos como medida base la esbeltez de 6.59 m, obtendríamos que los 6.59 m divididos entre cuatro dan como resultado 1.65 m muy similar al obtenido con Alberti



cercano a los muros con anchura de 1.47 m y 1.46 m; por otra parte en cuanto a altura se refiere este autor menciona lo mismo que Alberti.

Simón García en el siglo XVII (Huerta, 2004, p. 263) menciona dos reglas de igual manera para obtener la altura y el grueso de las paredes, este autor se inspira en las reglas de Alberti y por ende los resultados para la obtención de la altura son los mismos, no así para los resultados del grosor de los muros en los que no se obtuvieron resultados ni siquiera cercanos. Por último, las aplicaciones de las reglas de García Beruguilla del siglo XVIII (Huerta, 2004, p. 305) arrojan los mismos resultados que las de Alberti, pues de igual manera sus estudios están basados en este autor. Concluyendo que algunos resultados de las reglas fueron un poco cercanos a las dimensiones de altura y esbeltez de la torre, o al menos se encontrarían dentro del rango de seguridad, pero en cuanto al ancho de los muros, no sucede así.

3.3.5 Estudio de los elementos estructurales

a) Relación claro y espesor de la bóveda.

Se debe considerar que la forma de la bóveda del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla es prácticamente semicircular, sin embargo, como ya se comentó, a lo largo de su existencia parece haber sufrido alguna especie de deformación. La bóveda tiene un espesor de 0.80 m mientras que su claro es de 12 m obteniendo una relación de 1/15 (figura 53). El espesor de la bóveda se encuentra en función del tipo de

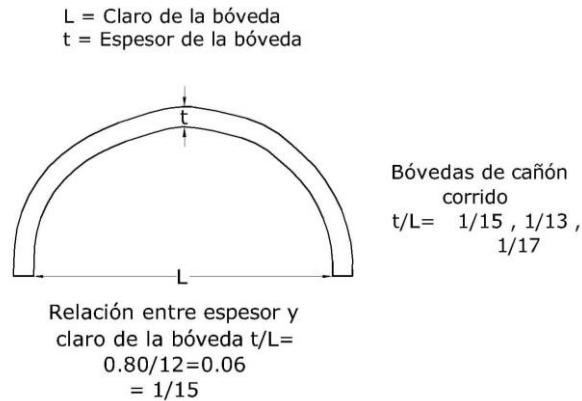
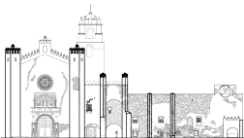


Figura 53. Para encontrar la relación entre el espesor de la bóveda y el claro del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Dibujo realizado por el autor.

bóveda que sea y del claro de la nave siempre y cuando sea de cañón corrido, en su mayoría estos templos presentan una relación de 1/15 (García, 2007, p. 19-20).



b) Dimensionamiento de muros y estribos.

Comenzamos con la aplicación de la regla de Hernán Ruiz (ver anexo 6) (Huerta, 2004, p. 148-149), en la sección del muro en conjunto con el contrafuerte las medidas obtenidas del estribo son muy parecidas a las medidas reales de la iglesia dando como resultado una diferencia de tan solo 12 cm siendo mayor la medida real en comparación con la obtenida por la regla, concluyendo que la aplicación de esta regla haya sido muy probable a la hora de obtener la medida del estribo de la iglesia (figura 54).

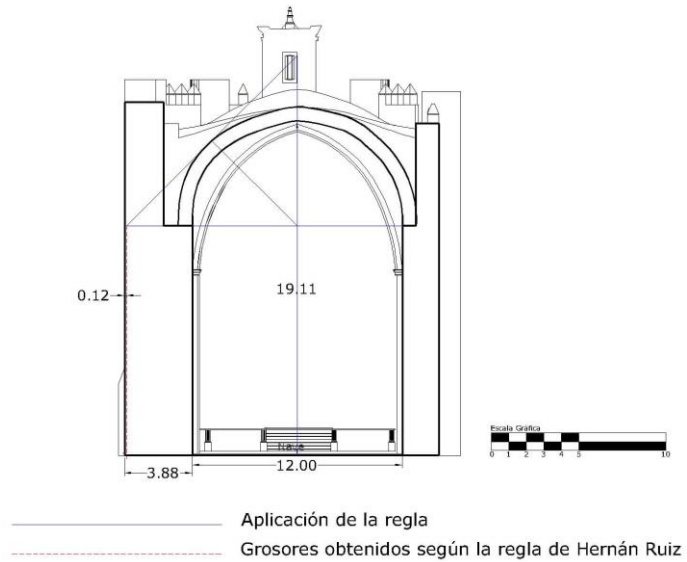


Figura 54. Regla geométrica de Hernán Ruiz para hallar el estribo de cualquier arco aplicado en una sección del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos. Dibujo realizado por el autor.

Por otro lado, en las reglas 1 y 2 de Gil de Hontañón (ver anexos 7 y 8) se trata de obtener inicialmente el espesor del estribo y la altura de la carga (Huerta, 2004, p. 225-230). Una que vez obtenidas y aplicadas de manera gráfica obtuvimos resultados considerables; en la regla 1 en la sección tomada se sobrepasa la medida real por una magnitud de 18 cm en relación con lo obtenido por la regla. Por otra parte, en la segunda regla nos da un valor mucho más cercano que la anterior, pues la relación existente es de solo 9 cm siendo mayor la medida real a la obtenido en esta regla. Concluyendo que, si bien no son exactas, ambas tienen una aproximación muy cercana, siendo mayor la medida real comparándola con la obtenida por

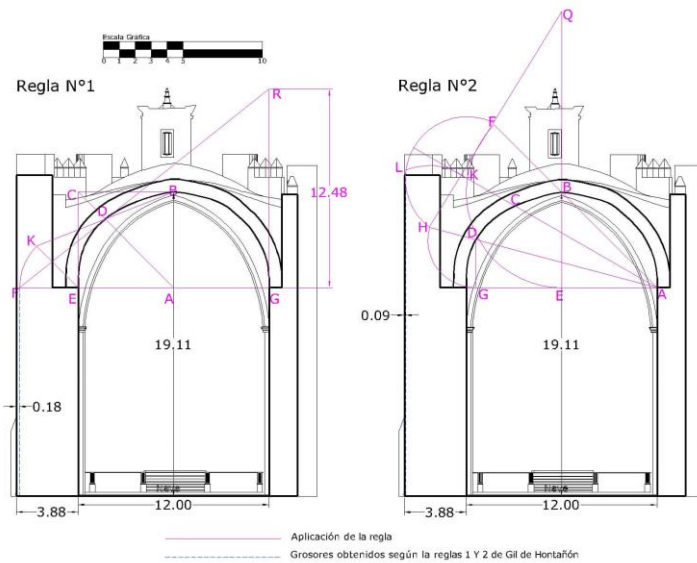
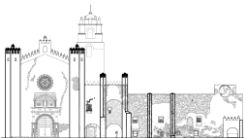


Figura 55. Reglas 1 y 2 de Rodrigo Gil de Hontañón para definir el espesor del estribo y altura de la carga aplicadas en una sección del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.



las reglas en ambos casos pero aun así quedan dentro de lo admisible, lo cual se puede considerar como una posible aplicación de dichas reglas para la construcción del contrafuerte de la iglesia (figura 55).

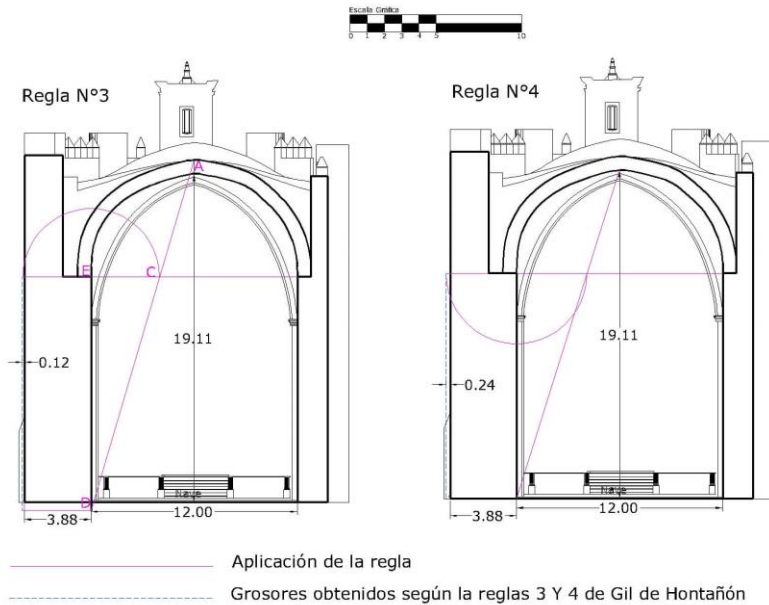
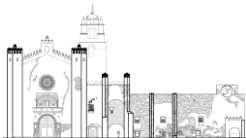


Figura 56. Reglas 3 y 4 de Rodrigo Gil de Hontañón para definir el espesor del estribo y la altura de la carga aplicadas en una sección del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, dimensionamiento en metros. Dibujo realizado por el autor.

Las reglas 3 y 4 (Huerta, 2004, p. 231-235) (ver anexos 9 y 10) son muy similares y a diferencia de las anteriores, en éstas solo se realiza de manera gráfica y al aplicarlas también existen ciertas similitudes. Al realizar la tercera regla obtuvimos una variante de solo 12 cm siendo mayor en este caso la medida obtenida por la regla en comparación a la medida real. Mientras que al aplicar la regla 4 la relación resulta un poco más alejada sin embargo aún es considerable pues se obtuvieron 24 cm de diferencia lo doble de la regla anterior siendo mayor nuevamente la planteada por la regla que la medida real, concluyendo que ambas sobrepasan la medida real por

escasos centímetros y aunque la aplicación de estas reglas parece menos probable no podemos descartar la posibilidad de que se puedan haber utilizado alguna de estas dos reglas a la hora de elaborar el estribo (figura 56).



Capítulo 4

Estudio de los elementos estructurales básicos del templo.

En este capítulo se analiza una sección de la nave del templo de San Juan Bautista de Yecapixtla. El estudio se realiza mediante el método basado en el equilibrio de fuerzas calculando líneas de presiones ante peso propio de una sección de la nave de la iglesia. De igual manera se efectúa, para un estudio cualitativo, un análisis con el método de análisis elástico lineal.



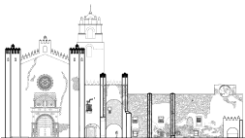
4.1 Métodos de análisis

La preservación de la estabilidad de su estructura es de las cosas más importantes que se deben considerar a la hora de llevar a cabo la conservación de un edificio histórico. Las estructuras de estos edificios pueden ser simples o muy complejas, por lo cual en ocasiones implica una complicada distribución de las fuerzas entre sus elementos que la constituyen. Sin importar el material, forma o método constructivo, el comportamiento de su estructura preside por los mismos principios de mecánica estructural aplicados en edificios modernos, por lo tanto, su estabilidad debe estudiarse siguiendo esos principios. No obstante, hay algunos profesionales dedicados a la conservación que se oponen a la aplicación de la ingeniería estructural para proyectos de restauración, la renuencia radica principalmente por motivos históricos obtenidos de la manera en que fueron construidos dichos edificios, además también proviene de las malas experiencias obtenidas cuando algunos especialistas en estructuras resuelven el problema de seguridad estructural de los monumentos (Meli, 1999, p. 3-4) como si fueran edificios modernos.

Desde hace varias décadas el avance en los métodos de análisis para el estudio estructural de edificios históricos ha sido muy importante; pues existen herramientas analíticas eficaces que resuelven mediante un trabajo computacional, las estructuras de cualquier tipo. Sin embargo, existen dificultades a la hora de aplicar estos métodos, por un lado la realización de complicados modelos y por otro los parámetros estructurales que definen su respuesta; estos inconvenientes se dan principalmente en casos en donde el especialista desconoce el comportamiento de los materiales, sus procesos constructivos y la historia del monumento. Estos factores, entre otros, conllevan a resolver análisis poco representativos de la estructura real. En general, es conveniente realizar una combinación de varios métodos de análisis, aprovechando así las ventajas que cada uno puede ofrecer en aspectos específicos o para la aplicación de un análisis más refinado.

La baja resistencia a esfuerzos de tensión por parte de los materiales empleados en los edificios históricos, es decir, en la mampostería, es el principal limitante a la hora de emplear herramientas comunes de análisis usadas para edificios modernos; la que conlleva a agrietamientos y separación de elementos dentro de la estructura. Aunque esta característica no es relevante para determinar las condiciones de esfuerzos ante cargas ordinarias, debidas al peso propio de la edificación, pues dichas estructuras están creadas para trabajar ante esfuerzos de compresión. Sin embargo, se vuelven críticos cuando las condiciones se acercan a la falla por fenómenos de inestabilidad, agrietamiento o por la escasa continuidad entre sus elementos; de igual forma sucede para los efectos como cambios de temperatura, hundimientos y sismos (Meli, 1999, p. 71-72).

Entre los diferentes tipos de análisis usados para estructuras históricas de mampostería destacan los métodos basados en equilibrio de fuerzas y el análisis límite, además de los métodos de análisis elástico lineal y análisis no lineal; siendo este último el más completo, pues permite simular el agrietamiento y el aplastamiento del material, o la separación entre piezas. En esta tesis se utilizó el primero de ellos para calcular y trazar líneas de presiones en una sección de la nave de la iglesia de Yecapixtla y, para un estudio cualitativo y



comparativo, también se utilizó el análisis elástico lineal, con la ayuda del método de elementos finitos implementado en el programa ANSYS. Ambos análisis sirvieron para comparar las posibilidades de cada uno e identificar el estado de equilibrio de la nave ante su propio peso.

4.2 Estudio del equilibrio de fuerzas.

Como se mencionó en el capítulo anterior, la seguridad de las estructuras históricas estaba basada en la amplia experiencia de los constructores que derivó en reglas geométricas que quedaron plasmados en algunos tratados de construcción antiguos. Estas reglas que fijaban las relaciones que deberían existir entre las dimensiones de los principales elementos estructurales de los edificios, con el transcurso del tiempo y el avance de la ciencia, fueron sustituidas por la cuantificación de las cargas y sus efectos mediante métodos que determinan la trayectoria de las fuerzas internas para que las cargas que trabajan sobre la estructura puedan transmitirse primero hacia sus apoyos y posteriormente hacia la cimentación y al subsuelo (Meli, 1999, p. 72).

El análisis de estructuras de mampostería tiene sus comienzos de forma metódica a partir de la segunda mitad del siglo XVIII con el cálculo de líneas de presiones. Éstas consisten en un análisis de equilibrio de fuerzas que surgieron de los estudios de Robert Hooke, quien, en el siglo XVII, trataba de encontrar la forma correcta que debería tener un arco para ser estable, por lo que planteó la analogía de la catenaria invertida. Una catenaria al sujetarla de sus extremos tiende a colgarse debido a la fuerza de su peso propio, por lo que trabaja a tensión; por el contrario, si la catenaria se invierte esas tensiones se convierten en compresiones. Es decir, al invertirse la catenaria, las condiciones de equilibrio no varían, solamente lo que era tensión, pasa a ser compresión; de esta manera trabaja un arco y, por

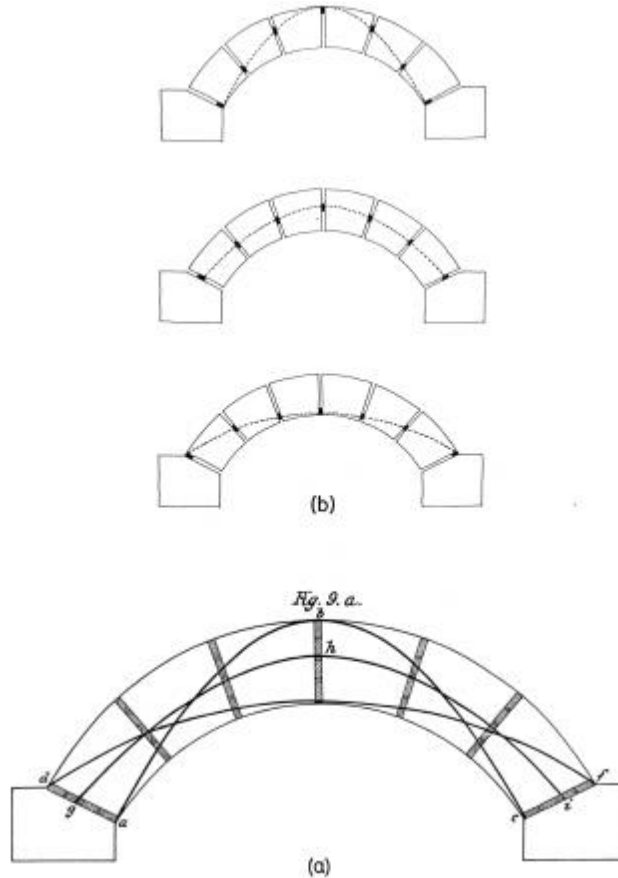
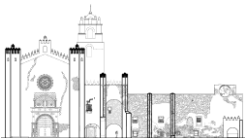


Figura 57. Ensayo para demostrar la existencia en la práctica de la línea de empujes, propuesto por Barlow en 1846. (a) El modelo del arco está compuesto por dovelas separadas por juntas de tablillas; Barlow ha dibujado tres posibles líneas de empujes. (b) Considerada una cierta línea de empujes, se pueden retirar las tablillas a las que no corta, quedando dibujada físicamente la trayectoria de los empujes (Huerta, 2004, p. 51).



tanto, la fuerza que en el cable trata de unir sus apoyos, en el arco, los empuja, tratando de separarlos (Huerta, 2004, p. 54), obteniendo así la forma más eficiente para que se mantenga en equilibrio.

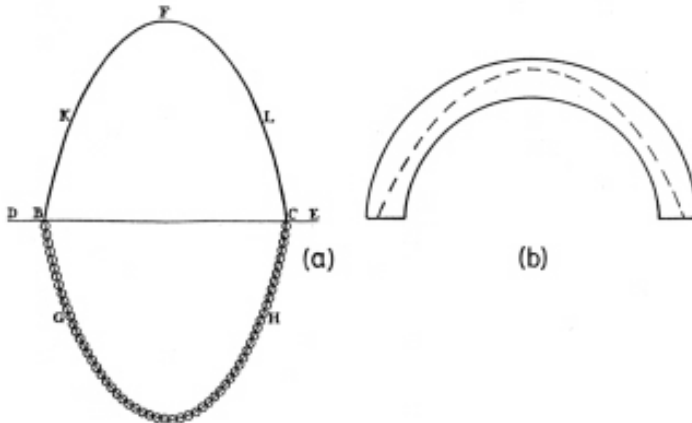
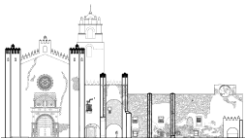


Figura 58. (a) Analogía de la cadena de Hooke para el análisis de arcos. Un cable trabaja siempre a tensión; si se invierte, las tensiones se convierten en compresiones, y la catenaria invertida es, según Hooke, la figura de un arco perfecto. (b) Arco de fábrica en equilibrio con una catenaria en su interior. (Huerta, 2004, p. 54).

La teoría de Hooke permitía intuir la trayectoria de las resultantes de las cargas, pero no era posible conocer con exactitud la realidad del equilibrio dentro de la estructura. Fue así como surgió entonces la línea de presiones permitiendo el desarrollo del análisis gráfico para las estructuras de mampostería. La línea de presiones se define como el lugar geométrico de los puntos por los que pasa la fuerza resultante por cada uno de planos de corte. La forma de esta línea depende principalmente de las cargas, de la geometría y de los

planos de corte que se consideraron para el análisis (Huerta, 2004, p. 36). En general pueden existir infinitas posiciones de la línea de presiones, las cuales permiten ver la transmisión de los esfuerzos dentro de la mampostería cuando buscamos comprender el funcionamiento de un edificio histórico; el método de línea de presiones permite hacer un análisis que sirva para conocer las condiciones de equilibrio de un elemento o sistema estructural (Meli, 1999, p. 73-77).

La validez de este método en estructuras de mampostería antiguas ha sido estudiada por el ingeniero británico Jacques Heyman, utilizando las bases teóricas de lo que se llama análisis al límite. Con dichas bases este autor dice que las soluciones encontradas no son necesariamente las reales, pues no garantizan que se respeten las condiciones de deformaciones ni las de continuidad en los apoyos; no obstante, si la trayectoria de la línea de presiones cumple con el equilibrio y se respetan las condiciones de resistencia del material, es suficiente para garantizar la estabilidad de la estructura ante una condición de carga dada (Meli, 1999, p. 75). Además, esta teoría plantea tres hipótesis que consisten en lo siguiente: 1) la mampostería tiene una resistencia infinita en cuanto a compresión se refiere; 2) la mampostería no resiste esfuerzos a tensión y 3) por la fricción entre sus elementos el deslizamiento es imposible (Huerta, 2004, p. 31).



4.2.1 Método para calcular líneas de presiones.

El método para calcular una línea de presiones o trayectoria de los esfuerzos resultantes dentro de una estructura, puede aplicarse en arcos, donde permiten ver cómo se transmiten los esfuerzos dentro del elemento; es así como cada línea de empujes representa una posible situación de equilibrio (Huerta, 2004, p. 36-39). Para un arco semicircular de forma simétrica bajo su peso propio, se pueden aprovechar las condiciones de simetría y basta con calcular la mitad del arco.

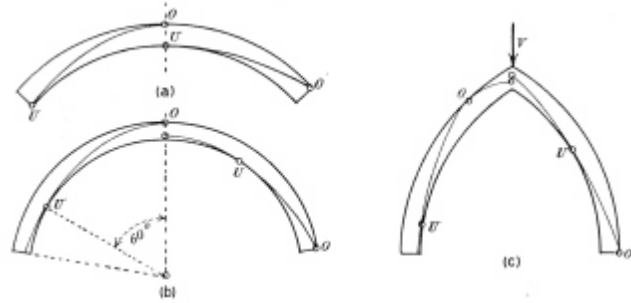
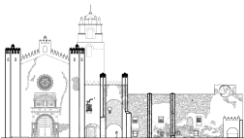


Figura 59. Líneas de empuje máximo y mínimo para distintos tipos de arcos. El perfil del arco condiciona la forma de tangencia en ambos casos. (Huerta, 2004, p. 47).

El arco se divide en un determinado número de partes imaginarias utilizando ciertos planos de corte; en la junta de la clave actúa un empuje horizontal aplicado en el centroide de la pieza, donde también está el punto de aplicación del peso de esa primera sección. Para obtener la resultante de ambas fuerzas se prolongan sus líneas de acción; la diagonal resultante del paralelogramo de fuerzas es el empuje que se transmite a la segunda dovela; el centro de presiones o de empujes es el punto de corte con la junta. Después se suma gráficamente esta fuerza con el peso de la segunda dovela y así sucesivamente, se van calculando los empujes resultantes para cada junta. Si la trayectoria de la línea de presiones está incluida en todas las secciones del arco dentro del tercio medio, puede garantizarse que no van a presentarse esfuerzos de tensión. Y si además, los esfuerzos de compresión están dentro de los límites admisibles de la resistencia de la mampostería, se puede garantizar una estructura segura. En caso de que la línea de presiones salga del elemento, existen técnicas que permiten incorporar reiteradamente la línea dentro de la sección. Cabe señalar que la aplicación de este método se limita a estructuras planas, por lo que el edificio tridimensional se modela como una serie de sistemas planos independientes (Meli, 1999: p. 74). Para determinar la dirección de la línea de empujes dentro del muro y contrafuerte, se continúa con el mismo procedimiento realizado para el arco, añadiendo al paralelogramo existente las cargas de la estructura restante.

4.2.2 Sección de la nave de la iglesia.

La iglesia de Yecapixtla es una muestra de la arquitectura del siglo XVI que ha sobrevivido a diversos movimientos sísmicos a lo largo de su historia y permanece con cambios relativamente menores. Además del riesgo sísmico, hay otros factores que pueden poner en riesgo su permanencia, como la falta de mantenimiento, exposición a las inclemencias del clima, malas intervenciones, entre otros. Ya que para su conservación es importante conocer el funcionamiento de su estructura, aquí se hace un estudio muy básico de la



trayectoria de la línea de presiones en una sección de la nave que nos puede ayudar a identificar algunas bases de su estabilidad ante su propio peso.

Para obtener la línea de presiones de la nave de la iglesia de Yecapixtla, se puede considerar una sección de ésta, ya que está cubierta por una bóveda de cañón corrido, la cual se define como una sucesión de arcos de medio punto con sus respectivos apoyos. Primero se propone que la línea de presiones pase por el límite del tercio medio de la clave de la bóveda, de tal manera que toda la sección quede sujeta a esfuerzos de compresión. Si la línea presenta acercamientos al extradós o al intradós, significa que en esas zonas sus esfuerzos están sometidos a compresión, por el contrario las zonas en donde la línea de presiones se aleje ya sea del intradós o extradós, nos indican que sus esfuerzos están sometidos a tensión altos, los cuales generan agrietamientos en la estructura.

La sección de la nave utilizada para el análisis de la línea de presiones se muestra en la figura 57 la cual corresponde a la sección transversal de la nave en la zona central de la misma, cabe destacar que el elemento es asimétrico pues el muro norte esta reforzado con contrafuertes mientras que el muro sur no los contiene; posiblemente porque éste colinda con el convento. Además de soportar la bóveda de la iglesia, también contribuye a contrarrestar el empuje de la bóveda que cubre el pasillo del claustro; debemos mencionar que en dicha ilustración solo se muestra la sección de la iglesia sin la parte del claustro, sin embargo para

el cálculo de esta línea se tomaran en cuenta ambos cuerpos. Se calcularon dos de las posibles líneas de presiones que pueden estar dentro de la estructura; una aplicando la geometría real (ver el procedimiento en el anexo 11) y la otra suponiendo que la sección tuviera una geometría simétrica (ver el procedimiento en el anexo 12) con el fin de comparar ambos casos.

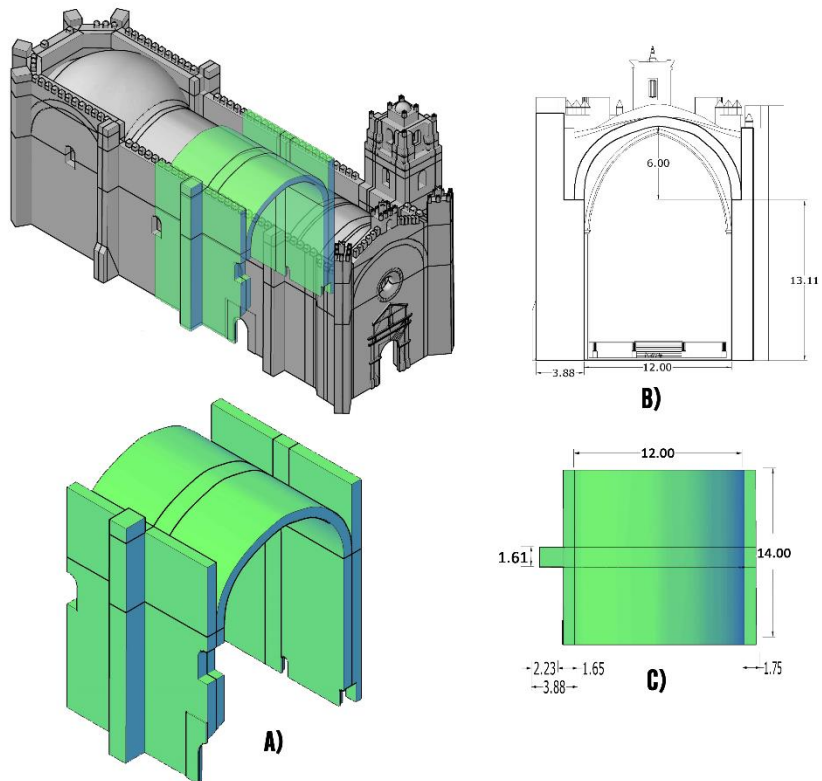
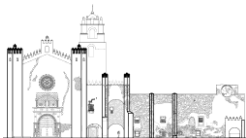


Figura 57. Geometría del modelo de análisis. A) Modelo de la nave y esquema geométrico de la sección, B) Vista en Corte, C) Vista en Planta (dimensionamiento en metros) Dibujo realizado por el autor.

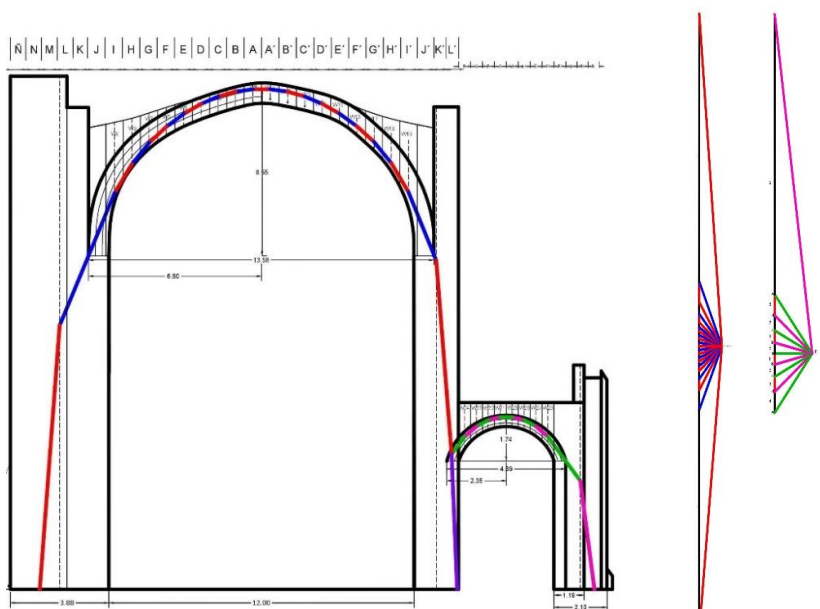


La sección que se utilizó para este cálculo consta de un par de muros y un contrafuerte que en conjunto contrarrestan el empuje de la bóveda de cañón corrido; en el modelo simétrico el contrafuerte está en ambos lados y en el otro modelo, en su lugar, está el pasillo del claustro que sólo tiene un nivel. Adicional a esto, se incluye el pretil y el relleno en la cubierta, ya que son parte del peso que soportan los elementos que sirven de apoyo. Como se mencionó anteriormente, este método es aplicable en estructuras planas, por lo que dicho análisis se realizó en un corte transversal de la iglesia considerando el peso de una sección de la nave; para este análisis se ha considerado un tramo con catorce metros de anchura que toma en cuenta la mitad de la distancia que hay entre los contrafuertes consecutivos. En la figura 57 se observa de color verde dicha sección, con una vista en perspectiva, y otras en corte y planta.

4.2.3 Cálculo y dibujo de la línea de presiones.

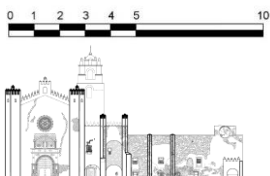
La bóveda de cañón corrido de la iglesia se dividió en diecinueve bloques del mismo ancho que forman una especie de dovelas imaginarias, tal y como se observa en la figura 61. Posteriormente se calculó el peso correspondiente de cada una de ellas, tomando como referencia el peso volumétrico de $1,600 \text{ kg/m}^3$ para la mampostería de la bóveda y de $2,000 \text{ kg/m}^3$ para el relleno; una vez obtenido el peso total de cada dovela se calcularon los momentos y el empuje total.

Al obtener el empuje y los momentos se comenzó a trazar la línea de presiones en la bóveda, se ensayaron varios puntos de partida de la línea en la clave, con el fin de encontrar la que estuviera dentro de la sección, inicialmente la posición de ésta se supuso en el centro del tercio medio a una altura de 6.4 m desde el arranque de la misma. Al posicionarla de



esta manera se trató de encontrar una línea que permaneciera en ese límite del tercio medio para observar una sección de la estructura sujeta a esfuerzos de compresión, sin

Figura 61. Línea de presiones y diagrama de cargas de la iglesia y pasillo de claustro del ex convento de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos (Geometría original) Dibujo realizado por el autor.



embargo no fue posible pues la línea inmediatamente salía de ese límite, por lo cual posteriormente se realizaron nuevos cálculos variando la altura hasta encontrar una que quedara dentro de la bóveda.

Después se continuó con el cálculo del peso total de la estructura restante para dibujar toda la trayectoria de la línea de presiones. Primero se obtuvieron los datos del peso del muro norte y su contrafuerte, con un peso volumétrico de la mampostería de $2,000 \text{ kg/m}^3$ considerando que los elementos que reciben el empuje de la bóveda son de mayor peso. Para continuar con la dirección de la línea hacia el muro sur, se calculó la línea de presiones de la bóveda del pasillo del claustro, ya que ese muro sur de la iglesia es el elemento que recibe los empujes de las bóvedas de la iglesia y del pasillo del claustro. El cálculo de la línea de presiones de la bóveda y el muro del claustro se realizó de la misma manera que en la iglesia. Una vez obtenidas las líneas de presiones en ambas bóvedas se obtuvo la resultante del peso total del muro que recibe el empuje, continuando con la línea hasta la cimentación (ver cálculo y procedimiento en anexo 11).

Los resultados nos indican que para este estado de equilibrio el esfuerzo máximo de tensión se encuentra en la clave y riñones de la bóveda de cañón corrido, en el intradós y extradós respectivamente. Si la bóveda estuviera sola sin apoyos, también existirían tensiones en los arranques. Mientras que los esfuerzos de compresión se ubican en el intradós, a nivel de los riñones de la bóveda, y en el extradós, en la cumbre de la clave. Según el cálculo de línea de presiones, debe existir agrietamiento en la clave de la bóveda, por el intradós, pues es la zona en donde existe mayor tensión, tal y como se observan los agrietamientos longitudinales de la bóveda del templo. Esto se observa en las fotos de la figura 62 tomadas previo al sismo ocurrido en septiembre de 2017, donde las grietas longitudinales eran poco visibles. Sin embargo, posterior al movimiento telúrico, estas grietas sufrieron una abertura mucho más crítica.

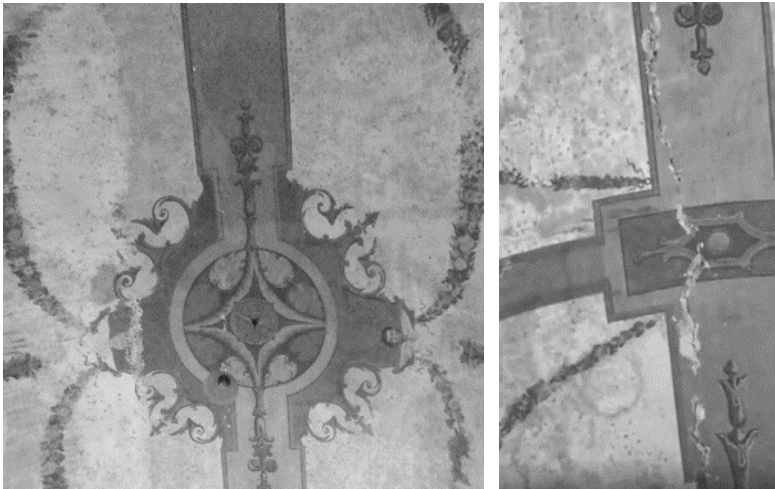
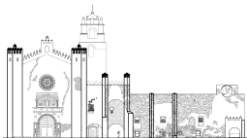


Figura 62. Confirmación del agrietamiento existente en el intradós de la clave de la bóveda de cañón del templo de acuerdo a lo obtenido con el cálculo de línea de presiones (en la primer fotografía no se aprecia el agrietamiento sin embargo si era visible estando dentro del recinto, foto tomada por el autor Febrero 2017; en la segunda fotografía se muestra la abertura que sufrió la grieta después del sismo de septiembre de 2017. Foto tomada por Erick Sánchez Zavala Septiembre 2017).



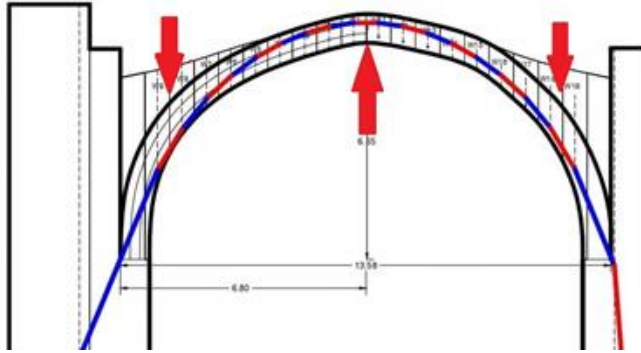


Figura 63. Zonas de la bóveda de la iglesia de Yecapixtla que trabajan a tensión según la línea de presiones para un elemento asimétrico. Dibujo realizado por el autor.

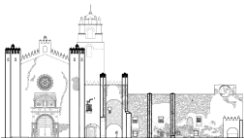


Figura 64. Confirmación del agrietamiento en el extradós de la bóveda del templo de acuerdo a lo obtenido con el cálculo de la línea de presiones (en la fotografía se aprecia el resane de una grieta que en algún momento existió. Foto tomada por el autor Febrero 2017).

Por el lado del muro norte, en el extradós de la bóveda, muy cercano a sus riñones, se aprecia un resane por un agrietamiento longitudinal (figura 60). Está ubicado en la misma zona donde la línea de presiones indica un agrietamiento. Esto no se observa del lado del muro sur, que colinda con el convento, lo cual indica que este edificio contribuye a su estabilidad. Esto podría manejarse como una hipótesis pues dicho agrietamiento solo afectaría a la bóveda y no tanto al relleno de la cubierta o bien, también podría tratarse de un junteo existente en la bóveda y el relleno. Por otro lado, en la zona del claustro la línea de presiones se coloca muy próxima a la mitad del espesor de la bóveda por lo que podemos considerar que

la tensión máxima se encuentra a la mitad de la flecha del arco, casi llegando al arranque. La compresión de igual manera la podemos ver en los riñones de la bóveda, en esta zona no se observan agrietamientos, lo que nos indica que es más estable de este lado.

Posteriormente se realizó el análisis en una sección hipotéticamente simétrica, en la cual el muro sur contiene un contrafuerte al igual que el muro norte, este análisis nos podrá dar otra línea de presiones en una estructura con este tipo de característica. La sección cuenta con las mismas medidas que la del caso anterior y al suponer la forma simétrica de la



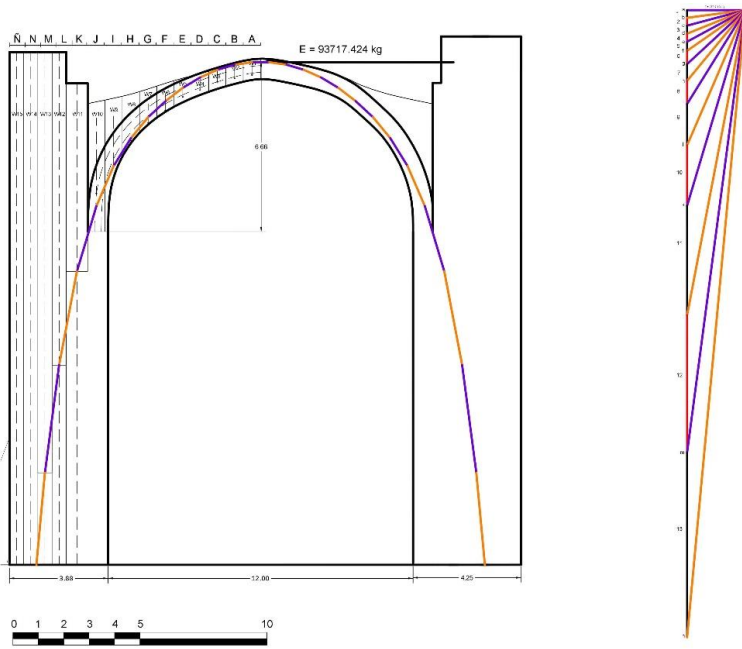


Figura 65. Línea de presiones y diagrama de cargas de la iglesia del ex convento de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos (Geometría simétrica) Dibujo realizado por el autor.

bóveda de cañón y sus apoyos podemos considerar solo la mitad del elemento estructural para calcular esta línea de presiones por lo que resulta más sencillo que el análisis anterior.

Para este caso la mitad de la bóveda se dividió en diez dovelas y se calculó la carga de cada una de ellas, de igual manera el material es una mampostería con un peso volumétrico de $1,600 \text{ kg/m}^3$ en bóveda y de $2,000 \text{ kg/m}^3$ en zona de bóveda con relleno. Después de obtener los momentos y el empuje total se dispuso a realizar varios intentos de una posible línea de presiones y de acuerdo al diagrama de fuerzas obtenido se encontró una línea alejada de

los límites de la sección en donde aparecen las zonas más críticas. Esta línea parte de la clave a una altura de 6.65 m sobre el nivel del arranque de la bóveda; a continuación se obtuvo el peso total del muro y del contrafuerte del lado norte considerando el peso volumétrico de la mampostería de $2,000 \text{ kg/m}^3$ (ver cálculo y procedimiento en anexo 13).

Este cálculo nos muestra que la tensión máxima se encuentra en la clave de la bóveda de

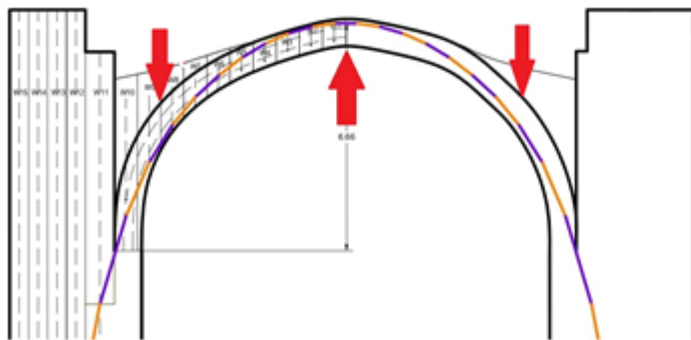
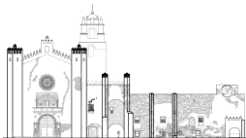


Figura 66. Zonas de la bóveda de la iglesia de Yecapixtla que trabajan a tensión según la línea de presiones para un elemento simétrico. Dibujo realizado por el autor.

cañón y en los riñones, mientras tanto la compresión la podemos observar en el intradós a nivel de los riñones de la bóveda y en el extradós. La trayectoria de la línea de presiones en este modelo y en el anterior es muy parecida en la bóveda, sólo hay diferencias en los apoyos por la eliminación del contrafuerte en uno de los muros y la adición del pasillo del claustro.



4.3 Análisis elástico lineal.

4.3.1 Método de elementos finitos.

Como ya se mencionó al inicio de este capítulo, el análisis no lineal es el más completo para estudiar una estructura antigua de mampostería, ya que permite modelar el agrietamiento y el aplastamiento del material, o incluso la apertura y cierre de grietas. Por su parte, el análisis elástico lineal, aunque no tiene estas ventajas, ha servido como auxiliar de análisis preliminares, sobre todo grandes estructuras. Los métodos elásticos se basan en una hipótesis donde el material tiene un comportamiento lineal y por tanto, no puede tomar en cuenta la debilidad de la mampostería ante esfuerzos de tensión, por la cual está sujeta a agrietamientos que generan deformaciones distintas a las del comportamiento elástico lineal.

Los métodos numéricos usados para análisis estructural pueden resolver una amplia gama de problemas. Una técnica para aplicar este tipo de métodos es la de los elementos finitos, donde se divide la estructura en determinados elementos para posteriormente ser analizada mediante la solución de ecuaciones de equilibrio y deformación implementadas en un software o programa de computadora. Meli (1999: 84) explica que los modelos realizados con este método requieren de tiempo considerable para su realización y, para una buena interpretación de los resultados, deben ser construidos conociendo a fondo los materiales, los sistemas constructivos y el funcionamiento estructural, así como la historia del comportamiento y las modificaciones que ha tenido el edificio en estudio. Este mismo autor concluye que a pesar de las objeciones del método, tiene sus ventajas y su potencial, y es una herramienta viable para el estudio de la seguridad de estructuras complejas de edificios históricos.

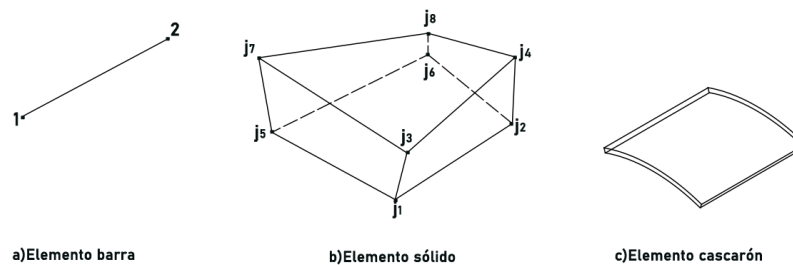
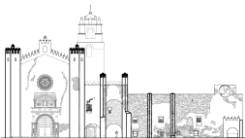
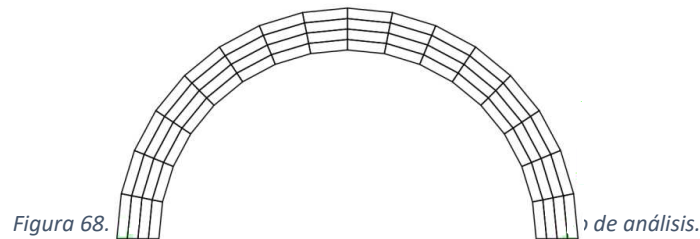


Figura 67. Tipos de elementos finitos para modelos de edificios históricos. Dibujo realizado por el autor obtenido de (Meli, 1999, p. 80)

Los elementos finitos comunes son el elemento barra, el sólido y la cáscara, cada uno de estos presenta una solución distinta para el estado de esfuerzos y deformaciones. Los elementos sólidos y cáscaras son los más usados en edificios históricos. En particular, el último sirve para las partes curvas de bóvedas y cúpulas (Meli, 1999, p. 80) y el elemento sólido para geometría cuadrada o rectangular. Actualmente hay varios programas de elementos finitos que se usan en varias disciplinas, entre los más conocidos está el software ANSYS, el cual, es una buena herramienta para realizar análisis de tipo elástico lineal y no



lineal de edificios históricos. En esta tesis se utilizó este programa con el fin de hacer un estudio cualitativo de la nave de la iglesia, conocer las zonas más críticas sometidas a esfuerzos de tensión y compararlas con los resultados encontrados con las líneas de presiones del apartado anterior.



4.3.2 Estudio de la sección central de la nave con el método de elementos finitos

Se realizó un modelo tridimensional en AutoCAD con los datos del levantamiento arquitectónico, para el cual se utilizó cinta, distanciómetro y equipo especializado (estación total marca Leica TS15 A5 ´R400). El modelo tiene la misma geometría que se usó para el cálculo de la línea de presiones, excepto la zona del pasillo del claustro, donde para facilitar la elaboración del modelo, se consideró un muro raso en lugar de la arcada y los contrafuertes. El modelo se muestra en la figura 69, el cual consta de una sección transversal ubicada en la zona central de la nave con una longitud de 14 m que incluye muros, un contrafuerte, bóveda y parte del pasillo del claustro. Una vez concluido el modelo, se exportó al software ANSYS para discretizarlo en elementos finitos y detallarlo (Anexo 15).

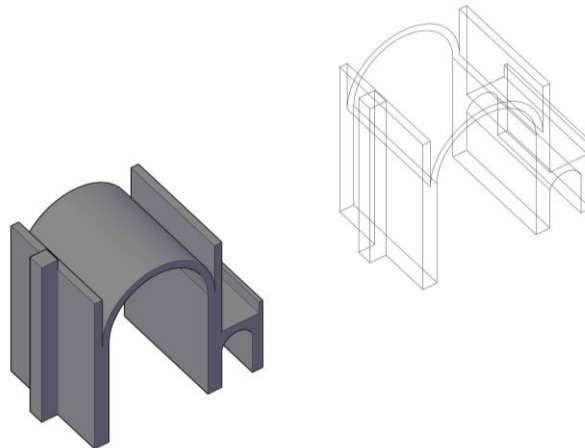
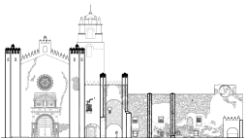
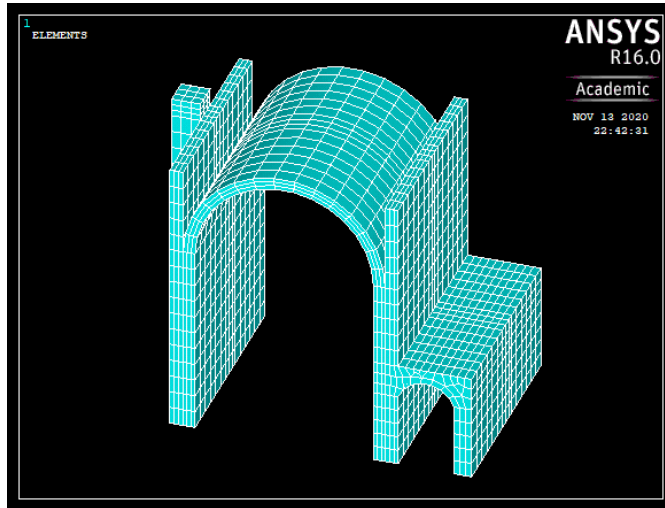


Figura 69. Geometría del modelo, vista en sólido y vista en estructura inalámbrica.
Dibujo realizado por el autor.



Con el fin de conocer las posibilidades del software y comparar sus resultados con los del cálculo de línea de presiones, se realizó un análisis elástico lineal. El propósito fue hacer un estudio cualitativo e identificar las zonas que se encuentran bajo esfuerzos de tensión y compresión de mayor magnitud. La estructura está sometida sólo ante su peso propio, tal y como se hizo en el cálculo de línea de presiones.

Figura 70. Mallado de la sección transversal de la iglesia de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos, efectuado con el software ANSYS.



El modelo de elementos finitos se muestra en la figura 70. Se utilizó el elemento CONCRET NL que en un análisis no lineal, puede simular el agrietamiento y aplastamiento del material, algo parecido a la mampostería. Aunque aquí sólo se realizó un análisis elástico lineal, se optó por este elemento para que el modelo pueda ser de utilidad después para estudios más detallados. El peso volumétrico del material en todo el modelo es de 2000 kg/m^3 , el módulo de elasticidad $E= 5000 \text{ Kg/cm}^2$ y el módulo de Poisson de 0.2. Se considera que la estructura está empotrada en toda su base y está impedida de moverse en sentido longitudinal.

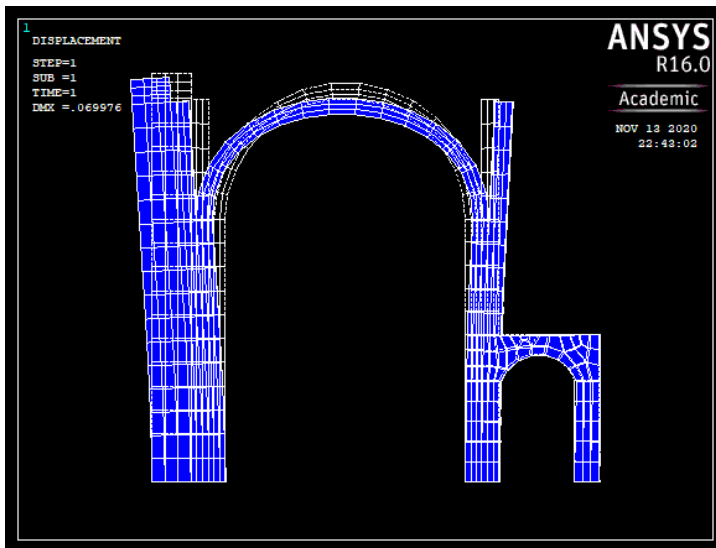
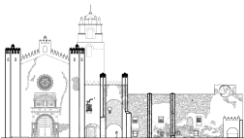


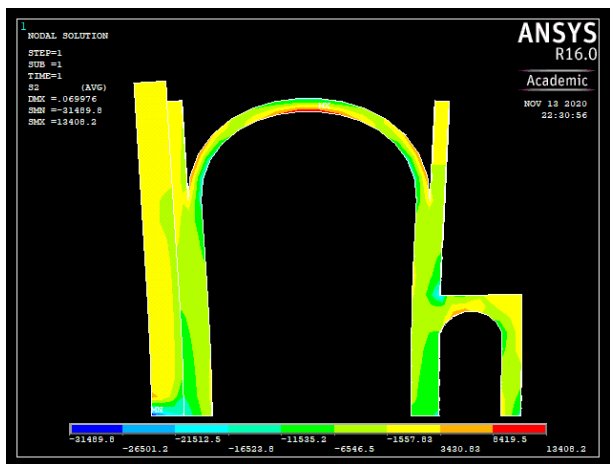
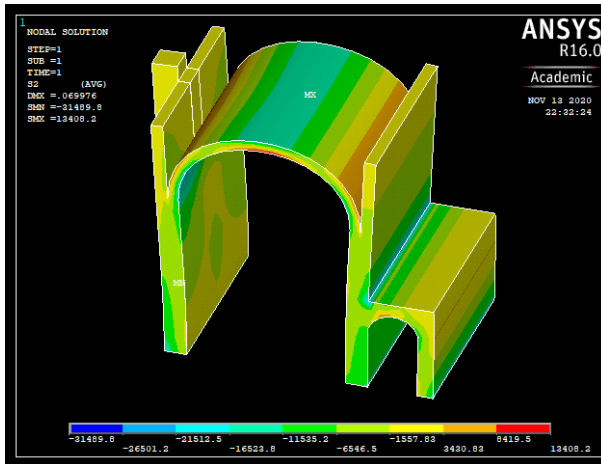
Figura 71. Modelo dimensional de la sección de la iglesia de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos en donde se muestran la deformación total obtenida mediante el análisis efectuado con el software ANSYS. Dibujo realizado por el autor.

La deformación de la sección de la nave al aplicar el peso propio se muestra en color azul en la figura 71, donde aparece con línea punteada la geometría original. Se observa que el desplazamiento más grande se da en la cumbre de la bóveda. Como los desplazamientos son muy pequeños, si se da una escala mayor a la deformación, puede apreciarse mejor tal y como se ve en la figura 71.

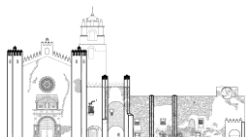
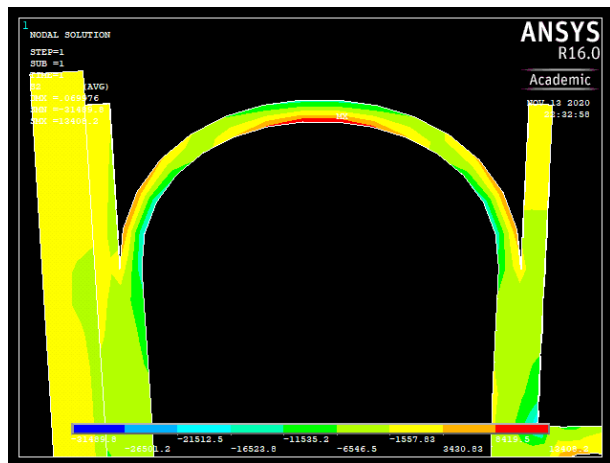


También puede observarse que hay deformación en los apoyos, los cuales tienden a abrirse, mientras la clave de la bóveda y su peso genera los empujes hacia los costados. Otras deformaciones importantes se observan principalmente a los muros en su parte superior que, además de la clave de la bóveda, son algunas de las zonas más vulnerables ante otro tipo de acciones, tal y como se pudo observar en los daños ocasionados por el sismo de septiembre de 2017.

El resultado gráfico de la distribución de los esfuerzos se observa en las figuras 72, 73 y 74. Se muestra mediante una serie de colores que representan los esfuerzos resultantes dentro de la estructura. El color azul representa los esfuerzos de compresión de mayor magnitud, éstos se ubican en la clave de la bóveda, en el extradós para ser exactos; de igual manera aparecen también en el intradós de la bóveda, a nivel de los riñones y en la junta entre el muro que colinda con el convento y la cubierta del pasillo del claustro. Por otro lado, los esfuerzos de tensión más críticos se exponen de color rojo; éstos se ubican en la clave de la bóveda, en el intradós de la misma; también aparecen en el extradós a nivel de los riñones solo que éstos se muestran en color amarillo obscuro porque su magnitud es menor que lo de la clave.



Figuras 72, 73 y 74. Modelo tridimensional de la sección de la iglesia de San Juan Bautista de Yecapixtla, Morelos en donde se muestran los esfuerzos de compresión y tensión máximos obtenidos mediante el análisis efectuado con el software ANSYS.



Los esfuerzos de tensión de mayor magnitud que se muestran en el intradós de la bóveda nos indican que pueden existir agrietamientos en la zona central de la cubierta, mismos que se pudieron observar durante las visitas al templo para la realización de esta tesis, siendo más visible una grieta longitudinal a lo largo de toda la bóveda de cañón corrido y la cual tuvo un incremento en su apertura, debido al sismo ocurrido el 19 de septiembre de 2017. A pesar de que este evento fue de gran magnitud, la nave tuvo un comportamiento relativamente bueno, pues, la bóveda de esa zona permaneció con ligeras afectaciones, sobre todo si la comparamos con los daños en otros templos parecidos o en otras zonas del mismo templo, como los campanarios de las torres o la bóveda de las nervaduras del presbiterio. Entre los arranques y los riñones de la bóveda, los esfuerzos de tensión de mayor magnitud aparecen en el extradós y los esfuerzos de compresión más grandes en esa zona, aparecen en la misma altura pero al interior.

Si comparamos cualitativamente estos resultados con la línea de presiones calculada en la sección anterior, podemos observar sus semejanzas, pues los esfuerzos críticos o mayores, de tensión y compresión, se presentan en las mismas zonas de la bóveda que lo observado en la línea de presiones como aparece en la figura 75.

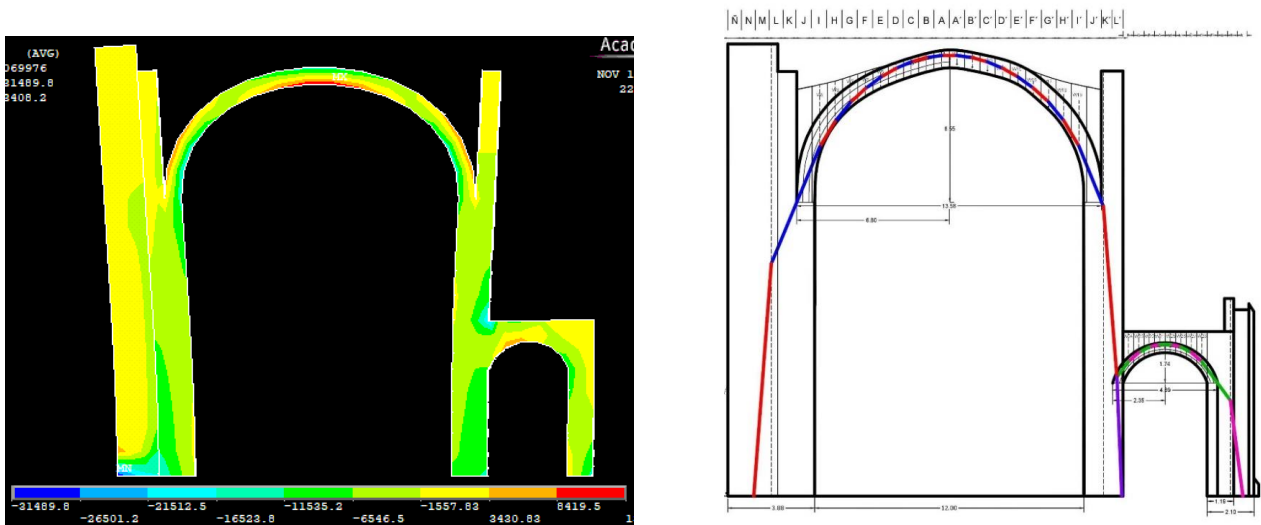
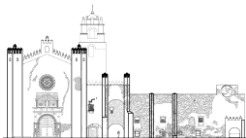


Figura 75. Comparación de resultados obtenidos durante el análisis efectuado con el software ANSYS y la línea de presiones. Dibujo realizado por el autor.



Comentarios finales

Tras el sismo del 19 de septiembre de 2017 el convento de Yecapixtla sufrió algunos daños estructurales, sin embargo a dos años del sismo los trabajos de rescate y restauración coordinados por el centro INAH Morelos van avanzando. A pesar de que no se permite el ingreso al recinto para el público y mucho menos obtener información sobre los trabajos de rescate que se han

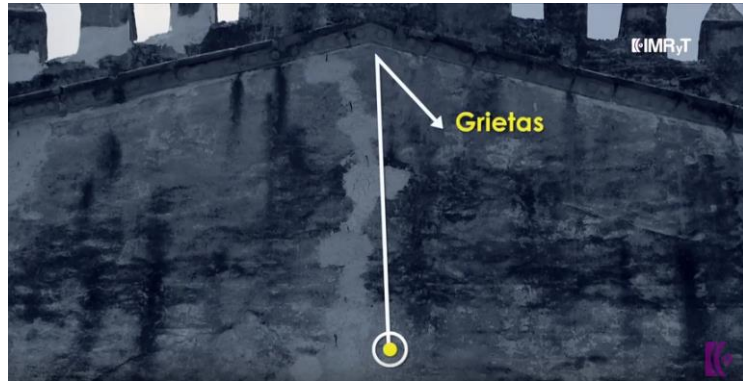


Figura 81. Trabajos de reconstrucción, inyección en grietas que aparecieron en la fachada después del sismo de 2017. (Monzalvo, 2019).

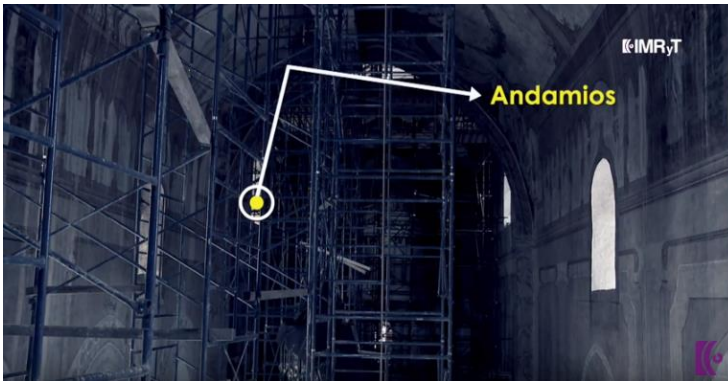


Figura 82. Trabajos de reconstrucción, Colocación de andamios interiores para apuntalar y reparar fisuras en la bóveda. (Monzalvo, 2019).

desarrollado dentro del inmueble, el Instituto Morelense de Radio y Televisión “IMRyT” realizó una serie documental llamada “Ruta De Los Conventos La Reconstrucción” en la cual expone todos los trabajos realizados en los edificios conventuales que sufrieron daños por el sismo registrado.

En el caso de Yecapixtla y de acuerdo al documental del

“IMRyT”, el Arquitecto restaurador Roberto Montoya fue el encargado de platicar con respecto a todos los trabajos de restauración que se han llevado en el inmueble después del sismo. Comienza por la fachada en donde menciona que sufrió algún tipo de agrietamientos los cuales se trabajaron mediante inyecciones de cemento puzolánico especialmente de cal hidráulica. En el rosetón, casi la mitad del elemento sufrió colapso por lo que las piezas encontradas fueron resguardadas por el INAH para una próxima reconstrucción por parte de restauradores profesionales.

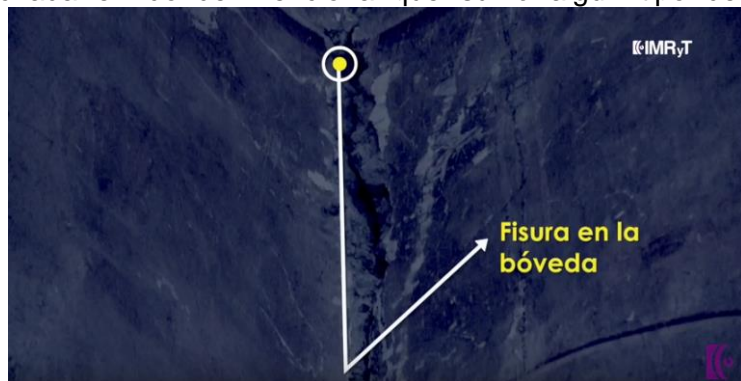
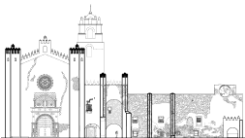


Figura 83. Fisuras encontradas en la bóveda después del sismo de 2017. (Monzalvo, 2019).



En el interior de la iglesia el daño estructural mayor fue la aparición de agrietamiento en el centro y algunas a un tercio de la bóveda en toda la nave del templo que es como comúnmente fallan estructuralmente esos elementos, por lo que se levantaron torres de andamiaje para que los restauradores velen toda la pintura existente en la grieta para posteriormente colocar grapas de piedra. En el presbiterio se

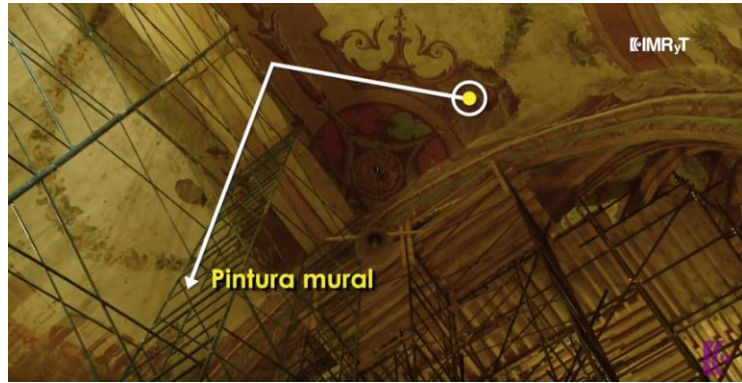


Figura 84. Pintura mural desprendida por el agrietamiento, trabajos que serán realizados por restauradores (Monzalvo, 2019).

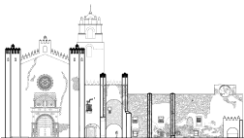


Figura 85. Resanado del agrietamiento en el extradós de la bóveda (Monzalvo, 2019).

colocó un andamiaje estructural calculado para soportar la bóveda vaída que cubre a dicho espacio, en él existieron desprendimientos de elementos de cantera de las nervaduras y algunos daños en la pintura mural. Cabe destacar que en algunas zonas de la bóveda se colocaron apuntalamientos de madera mediante polines y cuñas para prevenir alguna falla o posible caída de otro elemento. La bóveda presentó daños pero no al grado de desmantelarla, las fisuras que se presentan se están trabajando en el exterior en la cumbre de la misma y lo cual sería suficiente para rescatar ese elemento, sin embargo algunas piezas que sufrieron daños o deslizamiento si se tendrán que reponer.

En el extradós de la bóveda el trabajo que se realizó

inicialmente fue el resanado del agrietamiento mediante un sello a base de cal para evitar la aparición de filtraciones en el interior, para posteriormente realizar un trabajo llamado “abrir caja”, que consiste en abrir la bóveda 20 a 25 centímetros para continuar con la colocación de una especie de grapas en cantera, colocándolas a una distancia de 80 centímetros o a 1 metro entre cada una, se vuelve a rellenar y encima se aplica nuevamente la pasta pura con arena; este tipo de solución sirve para que esa zona donde ya existió una fisura no vuelva a presentar problemas en movimientos posteriores.



En cuanto a la torre campanario, en la parte más alta se realizó la reconstrucción total del cupulín pues su pérdida total; de igual manera, las almenas, que se construyeron con la guía de una que quedó de pie. Algunos aplanados originales que se cayeron fueron restituidos con otros realizados con cal y arena; de igual manera se aplicó un trabajo llamado rajueleo que consiste en rellenar con piedras

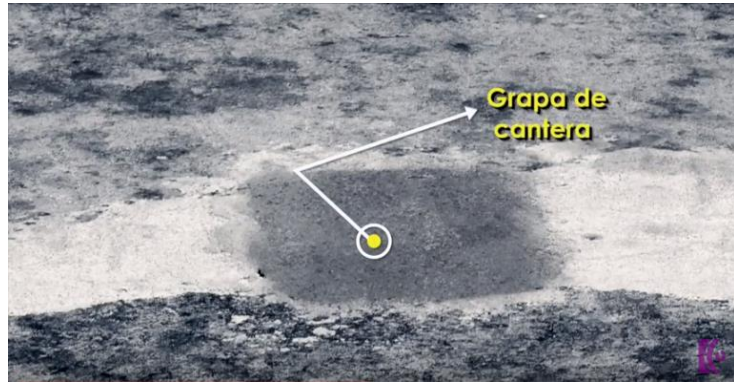
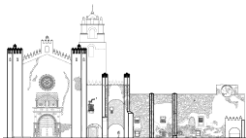


Figura 86. Colocación de grapa de cantera para sellar el agrietamiento en el extradós de la bóveda (Monzalvo, 2019).

las zonas en donde se presentó algún tipo de fisura para posteriormente volver a repellar. Como se puede ver, los daños presentados son de una magnitud pequeña en comparación con lo que sufrieron otros edificios de esta época, por lo cual los trabajos para su restauración también resultan ser un poco sencillos. La restauración del inmueble se está ejecutando con arquitectos en conjunto con restauradores; además se tiene una cantidad de 26 trabajadores que participan en la mano de obra y 3 técnicos que son quienes supervisan el proyecto, aparte de la inspección realizada por parte del Instituto Nacional de Antropología e Historia (Monzalvo, 2019).



Figura 87. Rajueleo aplicado para rellenar zonas con fisuras considerables en la torre campanario (Monzalvo, 2019).



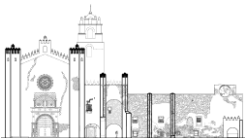
Conclusiones

La arquitectura conventual surgida en la Nueva España durante el siglo XVI es una de la más importantes en todo el continente americano; aquella idea de los frailes por evangelizar las tierras recién descubiertas trajo consigo la necesidad de construir nuevos espacios que generaron una arquitectura desconocida por los nativos. La autoría de estos complejos conventuales estuvo a cargo en un primer momento de los misioneros franciscanos, dominicos y agustinos, y después con el paso de los años llegaron expertos en construcción. Los edificios de los complejos conventuales tienen características similares, ya que la distribución de sus espacios es parecida, aunque no todos tienen exactamente las mismas partes. En los conjuntos podemos encontrar las siguientes construcciones: atrio, capilla abierta, capillas posas, y destacando, dos volúmenes principales, los cuales pueden catalogarse como los más importantes que son el convento y el templo.

En el estado de Morelos se construyeron varios de estos conjuntos conventuales por parte de las tres órdenes mendicantes, siendo los agustinos quienes tejieron la red de conventos más importante de aquel siglo en el oriente del estado, de la cual uno los más destacados es el convento de San Juan Bautista en el poblado de Yecapixtla. Este convento cuenta con un templo muy peculiar del que narra el historiador Federico Gómez de Orozco, hubo un edificio previo que estuvo a cargo de los franciscanos, cubierto con una techumbre de zacate que se perdió por un incendio; se desconoce el espacio o lugar ocupado por dicha construcción. La primera etapa del templo que permanece actualmente estuvo ya a cargo de los agustinos, quienes llevaron a cabo la edificación de toda la estructura, seguramente con personal especializado; mientras que la segunda etapa de construcción correspondería a la torre adosada al muro sur de la iglesia, junto al convento; de igual manera podemos señalar que en esta etapa probablemente se detallaron las portadas de las fachadas.

El estudio general de las proporciones y de reglas tradicionales para determinar el tamaño de elementos estructurales del templo de Yecapixtla ayudó a identificar algunas bases del diseño de antiguos edificios de mampostería de este tipo. Parece seguir la proporción de la sección aurea tanto en la planta de la iglesia, como en la fachada de la misma. De igual manera aparece la proporción cordobesa en la nave central y en el sotocoro de la iglesia, además de una trama modular de cuadrados de tres por tres metros a lo largo de toda la iglesia; por otra parte, en el estudio de la relación entre el claro y altura de la nave el resultado está dentro del rango que tiene la mayoría de los templos mexicanos de los conventos del siglo XVI. En cuanto a las reglas históricas de proporción para encontrar las dimensiones de elementos de la estructura, esta iglesia se acerca a cinco reglas: 1) la regla de Hernán Ruiz para hallar el estribo de cualquier arco, y 2) cuatro reglas de Rodrigo Gil de Hontañón para obtener el espesor del estribo. Estos resultados nos acercan a los métodos y las proporciones que sus constructores pudieron elegir para la edificación de la iglesia.

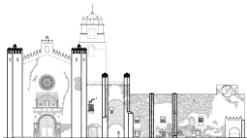
Al identificar las diferentes posibles etapas históricas constructivas del edificio, sus espacios originales, los materiales con los que está construido, sus intervenciones más importantes



y sus posibles sistemas de proporción con los que fue diseñado, nos generó un conocimiento para mantener un profundo respeto por la cultura y las técnicas empleadas en su época de construcción y que no impliquen una afectación que vaya en deterioro con la conservación del inmueble.

Por otra parte, con el cálculo de la línea de presiones de una sección de la nave es posible observar las zonas donde pueden presentarse agrietamientos, de las cuales al menos una es visible y coincide con el agrietamiento que se observa a lo largo de la clave de la bóveda. Algo semejante se ve en la distribución de esfuerzos del análisis elástico lineal con el método de elementos finitos. Se tomaron las mismas dimensiones de la sección de la nave usada para el estudio de las líneas de presiones y también se aplicó solamente su peso propio. Los esfuerzos de tensión y de compresión de mayor magnitud coinciden con los que se ven en la trayectoria de la línea de presiones, es decir, ambos métodos nos ayudan a identificar cómo se transmiten las cargas dentro de la sección de la nave, indicándonos las zonas más vulnerables a la aparición de agrietamientos.

Este tipo de análisis realizados en la iglesia nos ayudaron a tener una idea básica de cómo es su comportamiento estructural para tener una mejor consideración a la hora de tomar acciones para su conservación o llevar a cabo una restauración más apropiada según sea el caso, ya que la seguridad de este tipo de monumentos radica principalmente en conocer el funcionamiento y origen de su estructura. Además se pudo comprobar que los principios y criterios de la ingeniería estructural son permitidos para cualquier tipo de construcción y que los métodos empleados para los edificios modernos pueden ser aplicados de la misma forma en edificios históricos.



ANEXOS

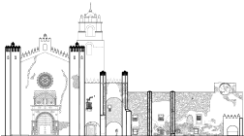
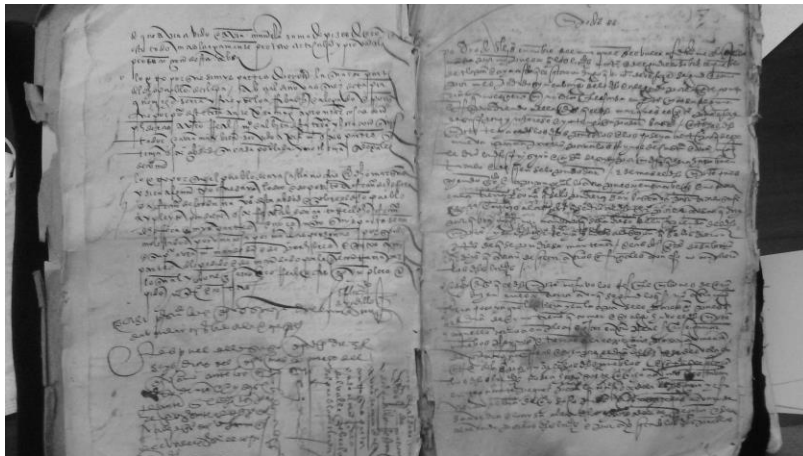
Anexo 1

Consultado en el Archivo General de la Nación (AGN)	
Descripción	Ordenes mendicantes al virrey y audiencia de la Nueva España para que los religiosos de las ordenes mendicantes puedan pasar a las indias cierta bula del papa PIO V concediendoles algunos privilegios a estos mismos. Madrid microfilm
Ubicación	REALES CEDULAS DUPLICADAS 27 enero 1572 vol. 47 exp. 343 fs. 230v.
Fecha de Consulta	17 de Mayo de 2017



Anexo 2

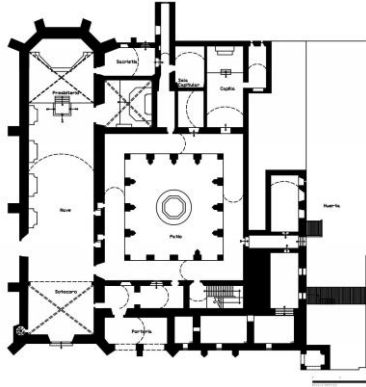
Consultado en el Archivo General de la Nación (AGN)	
Descripción	Religiosos sobre las licencias concebidas a los agustinos para pasar a las provincias donde no hubiese conversiones
Ubicación	Reales Cedula originales 15 junio 1694 vol. 26 exp. 16 f. 2
Fecha de Consulta	17 de Mayo de 2017



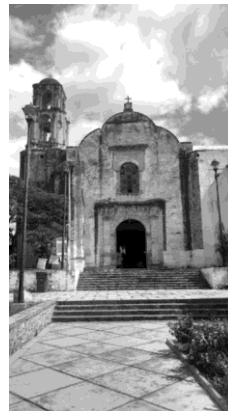
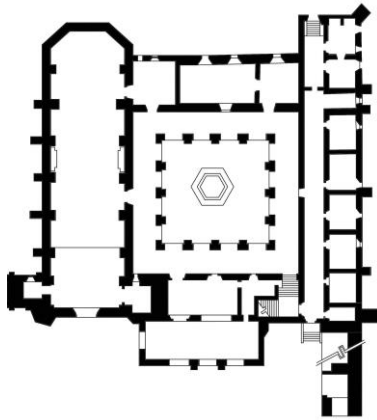
Anexo 3

Los conventos agustinos en el estado de Morelos (Plantas arquitectónicas y fachadas).

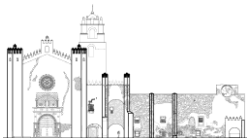
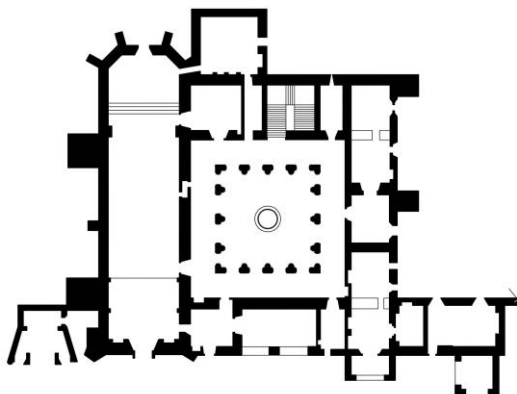
1.- *Ex convento de San Juan Bautista en Yecapixtla, Morelos.*



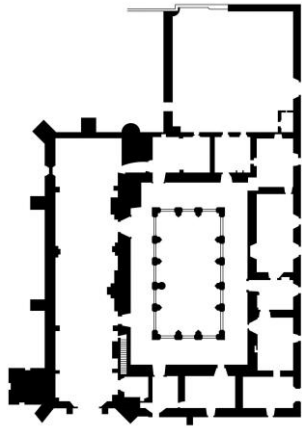
2.- *Ex convento de Santiago Apóstol en Ocuiluco, Morelos.*



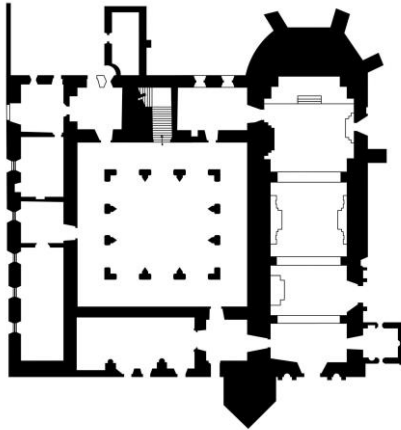
3.- *Ex convento de San Mateo Apóstol en Atlatlahucan, Morelos.*



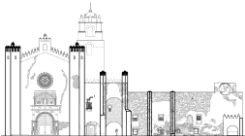
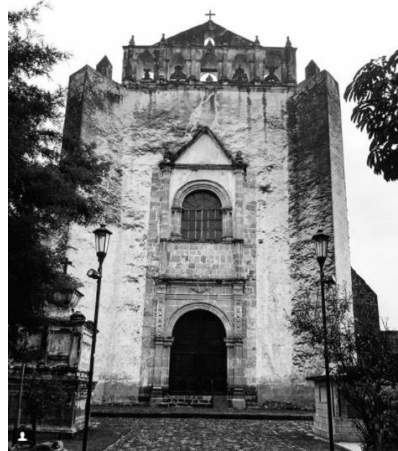
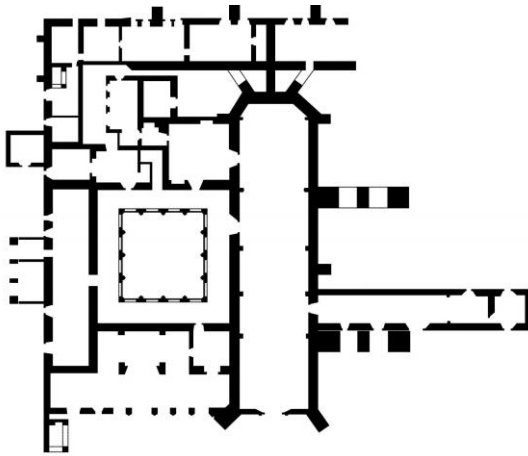
4.- *Ex convento de San Pedro en Jantetelco, Morelos.*



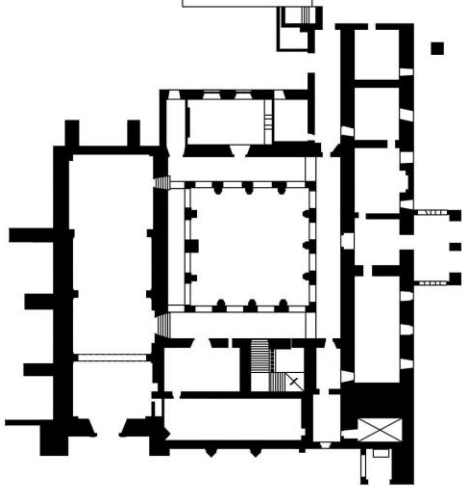
5.- *Ex convento de San Agustín en Jonacatepec, Morelos.*



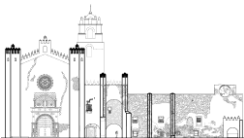
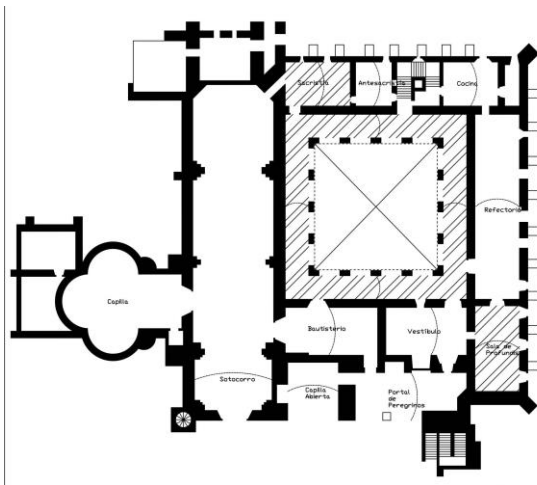
6.- *Ex convento de San Juan Bautista en Tlayacapan, Morelos.*



7.- Ex convento de San Guillermo en Totolapan, Morelos.

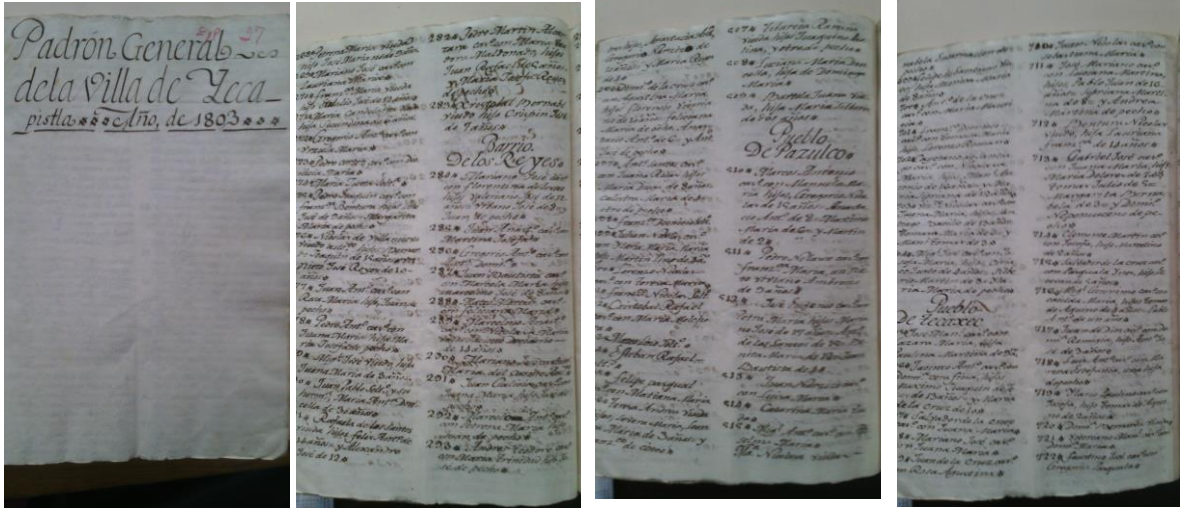


8.- Ex convento de la Inmaculada Concepción en Zacualpan de Amilpas, Morelos.



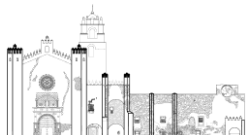
Anexo 4

Consultado en el Archivo General de la Nación (AGN)	
Descripción	Padrón General de la Villa de Yecapixtla. Barrios. México. 1803. Consultado en el Archivo General de la Nación.
Ubicación	Bienes Nacionales. Vol. 369, Exp. 27.
Fecha de Consulta	16 de Mayo de 2017



Anexo 5

Consultado en el Archivo General de la Nación (AGN)	
Descripción	Mapa realizado en pergamino en donde se puede observar la ubicación del poblado de Yecapixtla así como las barrancas que lo rodean, haciendo énfasis en el centro del poblado con el Ex Convento de San Juan Bautista.
Ubicación	Tierras. Vol. 8, 1ª pte. Exp. 1, f. 63. Yecapixtla, Marquesado del Valle, Mor.
Fecha de Consulta	16 de Mayo de 2017

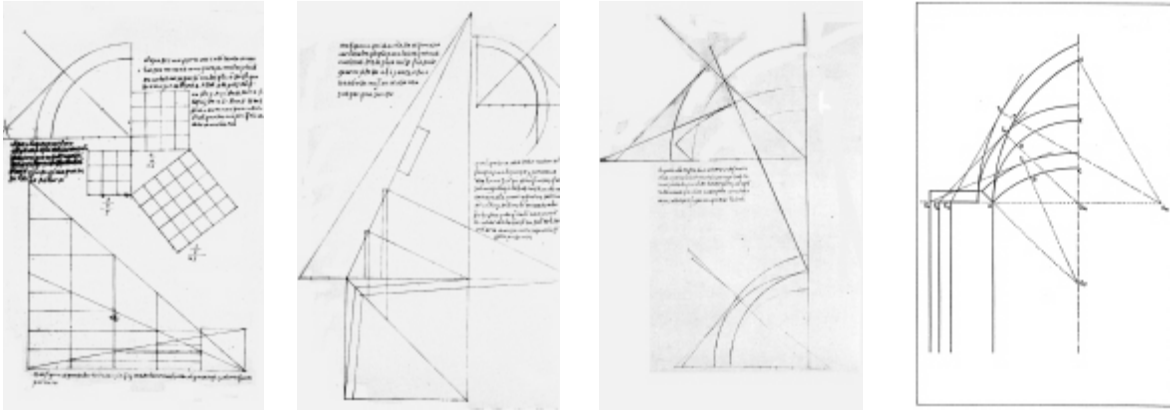


Anexo 6

Regla geométrica de Hernán Ruiz para hallar el estribo de cualquier arco. Consideremos un semiarco cualquiera:

- 1) Dividimos su línea de trasdós en dos partes iguales;
- 2) Trazamos por dicho punto una tangente a la línea de trasdós;
- 3) El punto de intersección de la tangente con la línea horizontal definida por los arranques del arco, nos da el espesor del estribo.

El procedimiento aparece aplicado a los tres tipos básicos de arco, apuntado, de medio punto y rebajado tal y como se muestra en las figuras siguientes (Huerta 2004: p. 149-150):



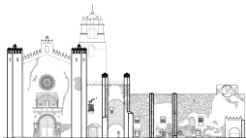
Anexo 7

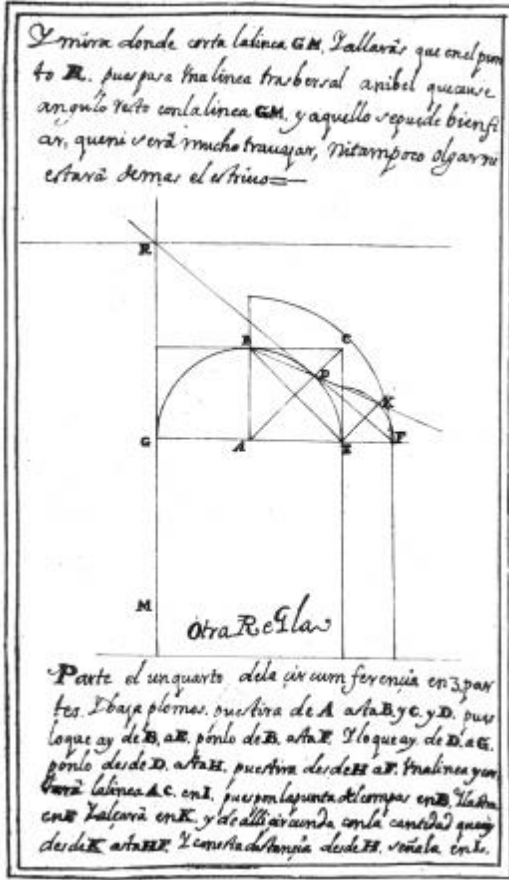
Regla n° 1 de Rodrigo Gil de Hontañón, para calcular el estribo de un arco de medio punto que soporta un muro. La regla relaciona el espesor del estribo y la altura del muro que carga sobre el arco. Se trata de obtener los puntos R y F que definen el espesor del estribo y la altura de carga. El reconocimiento de que ambas variables están relacionadas es importante, si bien la construcción produce unas relaciones fijas, que podemos expresar algebraicamente de la siguiente forma, siendo r el radio del arco, $l = 2r$ la luz, e el espesor del estribo y q la altura de carga a partir de los arranques del arco, se verifica:

$$e = (2 - \sqrt{2})r = 0,586r$$

$$\frac{e}{l} = \frac{1}{3,414}$$

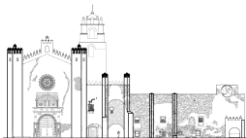
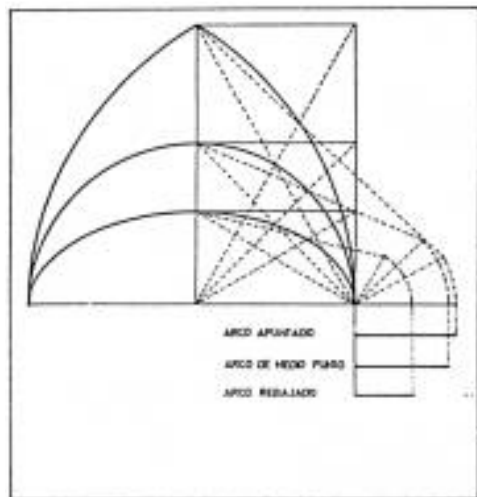
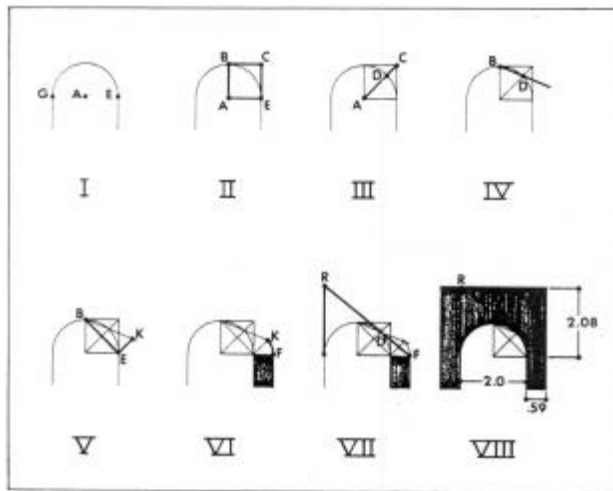
$$q = (2/3 + \sqrt{2})r = 2,081r$$





Regla nº 1 de Rodrigo Gil de Hontañón para calcular el estribo de un arco de medio punto. Explicación de la regla paso a paso.

La construcción le parece a Rodrigo Gil tener una seguridad suficiente: «... y aquello se puede bien fiar, que ni será mucho trabajar, ni tampoco olgar, ni estará de más el estrivo». La regla no se puede generalizar a arcos distintos del de medio punto (Rodrigo afirma explícitamente que es para este tipo de arcos), ya que conduce a resultados absurdos: el arco rebajado precisa menos y el apuntado más estribo que el de medio punto, como se demuestra en la siguiente figura:



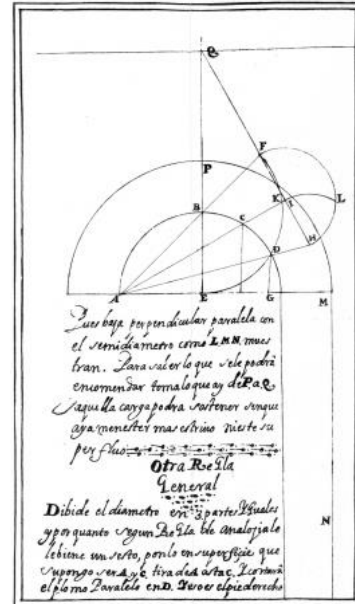
Anexo 8

Regla nº 2 de Rodrigo Gil de Hontañón, esta regla es análoga a la anterior. Se trata también de una construcción geométrica, expuesta paso a paso, y, como antes, se obtienen dos puntos que definen el espesor del estribo para una cierta altura de carga sobre un arco de medio punto. Las relaciones que resultan en este caso, empleando la misma notación que antes, son las siguientes:

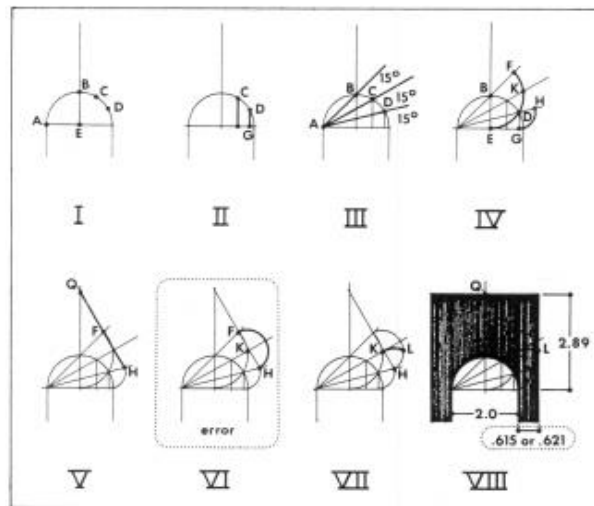
$$e = 0,626r$$

$$\frac{e}{l} = \frac{1}{3,25}$$

$$q = 2,894r$$

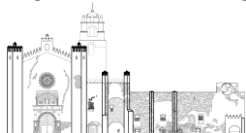


La construcción de la regla se explica paso a paso en la siguiente figura:

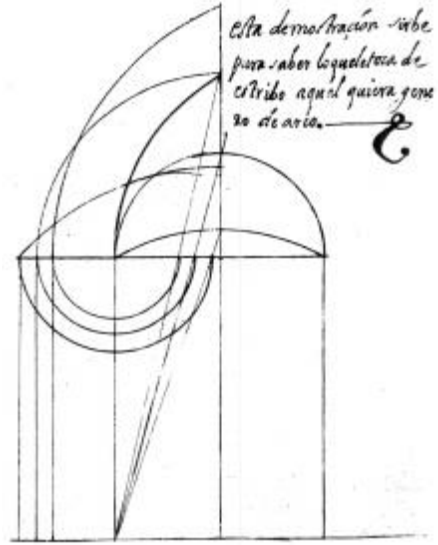


Anexo 9

Regla nº 3 de Rodrigo Gil de Hontañón; Generalización del problema del arco de medio punto. La construcción que expone a continuación constituye un intento de establecer una regla estructural general que determine las proporciones correctas de un arco y sus



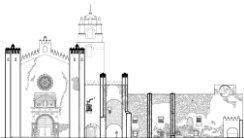
Regla n° de Rodrigo Gil de Hontañón, estribo para cualquier tipo de arcos. La regla consiste en un dibujo, análogo al de la regla n° 3, que lleva al lado el siguiente texto: «*Esta demostración sirbe para saber lo que le toca de estribo a cualquiera genero de arco*». En la figura aparecen representados tres tipos de arcos, apuntado, de medio punto y rebajado, representados por sus líneas de intradós, cubriendo la misma luz. Dada una altura, representada por un punto sobre la vertical que pasa por el arranque del arco, el estribo de cada uno de ellos se obtiene uniendo el punto medio de la curva de intradós con dicho punto. La regla, como puede apreciarse en la figura, da menores estribos para los arcos apuntados y mayores para los rebajados. Hay que señalar que, como en las reglas n° 1 y 2, más arriba, se dibuja la rosca del mismo espesor que el estribo. En relación con la regla n° 3, las diferencias consisten en su generalización para todo tipo de arcos y en la supresión del espesor del arco en la construcción. Esta modificación, que Sanabria interpreta como un error o una simplificación del dibujo, supone una verdadera mejora en la regla, que de esta forma se hace más sintética y representativa.



Anexo 11. Análisis de equilibrio de fuerzas, procedimiento del método de línea de presiones para un arco asimétrico (Curtin et. al, 1999: 416-433).

Procedimientos de diseño

1. Elegir subida (entre 1/4 a 1/2 de tramo)
2. Elige la forma (preferiblemente parabólica o arco de un círculo)
3. Elija la sección de prueba
4. Realizar análisis gráfico.
 - a) divida el arco y el relleno de arriba en una serie de segmentos como A B C D E. Véanse las siguientes figuras:



Al ser una carga asimétrica el procedimiento de diseño y el diagrama de fuerza para el intervalo debe ser completo el cual se muestra en la figura 16.35.

d) Calcular empuje, H_z , en corona.

Carga muerta X Carga superpuesta = Carga total

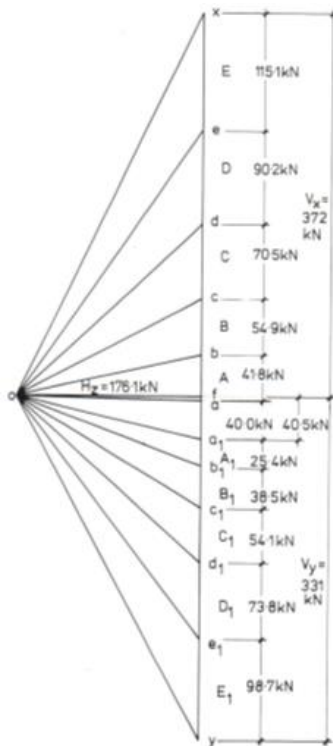
Segmento A = carga muerta X carga superpuesta = carga total

Segmento B = carga muerta X carga superpuesta = carga total

Segmento C = carga muerta X carga superpuesta = carga total

Segmento E = carga muerta X carga superpuesta = carga total

Y así sucesivamente hasta encontrar todas las cargas totales...



(2) force diagram (full span)
Figure 16.35

-Posteriormente se suman todas las cargas totales para hacer una sola.

	Dead load (kN)	Superimposed load (kN)	Total load (kN)
segment A	25.4	16.4	41.8
segment B	38.5	16.4	54.9
segment C	54.1	16.4	70.5
segment D	73.8	16.4	90.2
segment E	98.7	16.4	115.1
segment A ₁	25.4	0	25.4
segment B ₁	38.5	0	38.5
segment C ₁	54.1	0	54.1
segment D ₁	73.8	0	73.8
segment E ₁	98.7	0	98.7
(excluding 40 kN point load)			Total = 663 kN

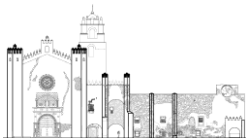
Aplicándolo en el Ejemplo:

-Se obtienen la reacción total vertical tanto en X como en Y, en este caso se obtienen sumando las reacciones totales para cada eje:

total vertical reaction at X = 372.0 kN
total vertical reaction at Y = 331.0 kN

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 & V_x + V_y &= 703 \\ \sum H &= 0 & H_x - H_y &= 0 \end{aligned}$$

Por lo tanto:



$$0 = 4.24H_x + (41.8 \times 0.5) + (54.9 \times 1.5) + (70.5 \times 2.5) + (90.2 \times 3.5) + (115.1 \times 4.5) - (5.0V_x)$$

$$0 = (4.24H_x) + 1113.3 - (5.0V_x) \tag{3}$$

and

$$0 = 4.24H_y + (25.4 \times 0.5) + (38.5 \times 1.5) + (54.1 \times 2.5) + (73.8 \times 3.5) + (98.7 \times 4.5) - (5.0V_y)$$

$$0 = (4.24H_y) + 908.2 - (5.0V_y) \tag{4}$$

Now adding (3) + (4)

$$0 = 4.24(H_x + H_y) + 2021.5 - 5(V_x + V_y) \tag{5}$$

and substituting (1) into (5)

$$0 = 4.24(H_x + H_y) + 2021.5 - 3515$$

therefore: $H_x + H_y = 352.2 \text{ kN}$ (6)

and hence

$$H_x - H_y = 0$$

$$H_x = H_y = 176.1 \text{ kN}$$

Vertical component of thrust at crown, V_x

to left of Z: $V_x - 372.5 - 40 - V_z = 0$
 $V_x = 40.5 \text{ kN}$

check to right of Z: $V_y - 290.5 + V_z = 0$
 $V_x = 40.5 \text{ kN}$

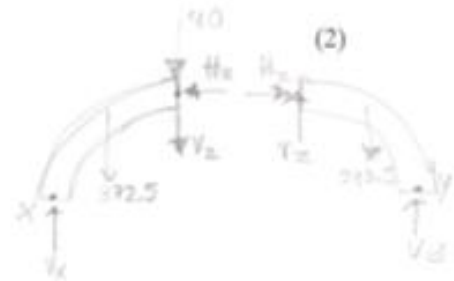
Horizontal component of thrust at crown, H_x

Taking moments at X

$$(40 \times 5.0) + (115.1 \times 0.5) + (90.2 \times 1.5) + (70.5 \times 2.5) + (54.9 \times 3.5) + (41.8 \times 4.5) - (V_x \times 5.0) - (4.24H_x) = 0$$

$$4.24H_x = 949.35 - 202.5$$

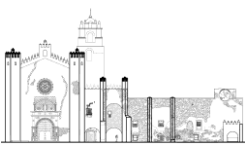
$$H_x = 176.1 \text{ kN}$$



Al obtener el empuje total y todas las cargas se realiza el diagrama de fuerzas como el que se muestra en la figura 16.35. Las líneas resultantes que se originan entre el empuje total y cada carga serán en conjunto la línea de presiones la cual se dibujara en la sección de la siguiente manera:

- i) comience en la corona del arco y trace la línea de empuje horizontal que actúa a través del centro de la profundidad del anillo del arco.
- ii) a través del espacio una línea de trazado paralela a a o (es decir, línea de empuje horizontal Hz) que cambia la pendiente en "a" y se vuelve paralela a b o.
- iii) Continúe la línea paralela a b o a través del espacio B y cambie la pendiente en b para volverse paralela a c o y así sucesivamente.
- g) La línea resultante, conocida como la línea de empuje resultante, se verifica para determinar si pasa fuera del tercio medio de la profundidad del arco.

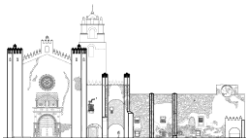
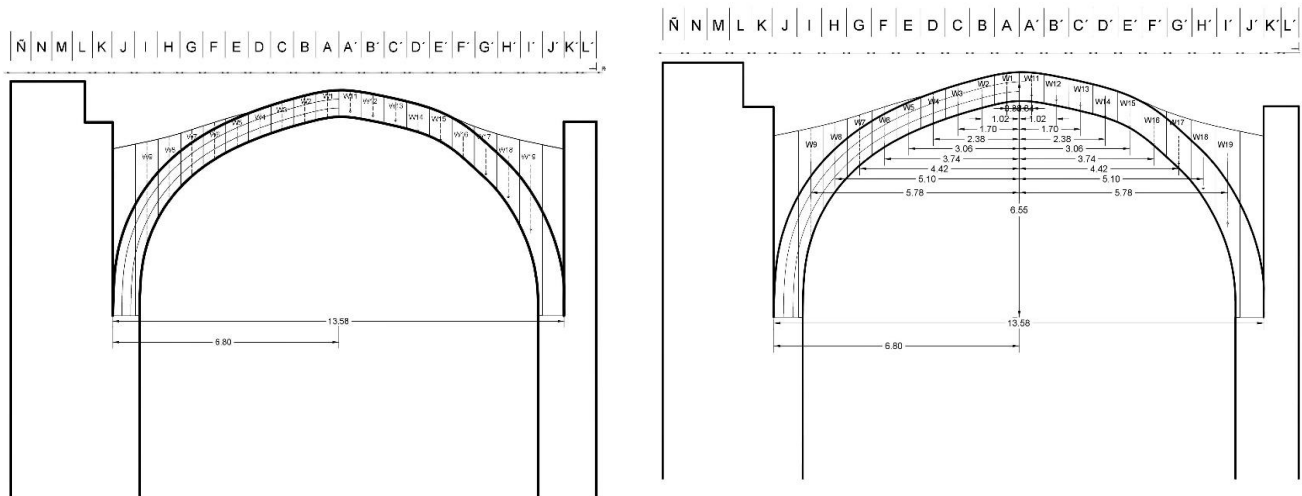
5. Verifique las tensiones en las ubicaciones críticas en el anillo de arco utilizando el procedimiento que se proporciona en los siguientes ejemplos.



6. Verifique el análisis de la "sección agrietada" si la tensión de tracción inaceptablemente alta se indica en la operación 5.
7. Rediseñar según sea necesario; tenga en cuenta que si se muestra que la línea de empuje resultante, en la operación 4 (g), está considerablemente fuera del tercio medio del anillo del arco, es probable que la forma del arco requiera un ajuste y que las operaciones 1 a 4 se repitan para el nuevo perfil de arco.
8. Habiendo establecido un perfil de arco adecuado, y comprobado los niveles de estrés en las operaciones 5 y 6, elija la unidad de mampostería y la resistencia del mortero.

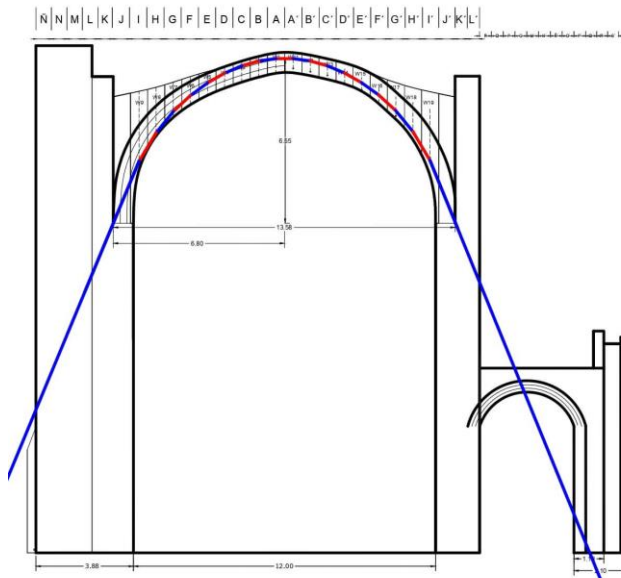
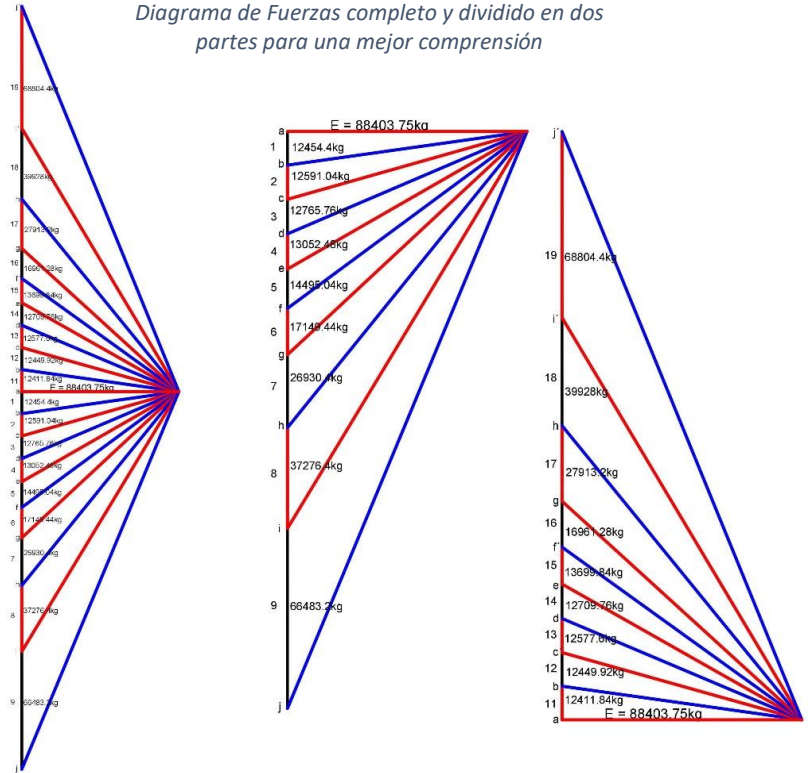
Anexo 12. Procedimiento y cálculo para obtener la línea de presiones en la bóveda de cañón corrido de la iglesia de San Juan Bautista en Yecapixtla, Morelos (Geometría real).

Se dividió el arco y el relleno de arriba en una serie de segmentos como A, B, C, D, E, etc. Se calculó el empuje Hz en la Corona tomando momentos sobre X: $H_z \times r = w_1 \times X_1 + W_2 \times X_2 + W_3 \times X_3$, y en Y: $H_z \times r = w_{11} \times X_{11} + W_{12} \times X_{12} + W_{13} \times X_{13}$ etc. Para realizar este cálculo, suponga que H_z es horizontal y que el momento en la corona es igual a Cero. Al considerar la geometría original el arco se dividió en diecinueve bloques iguales los cuales forman una especie de dovelas imaginarias y posteriormente se calculó la carga correspondiente de cada una de ellas, tomando como referencia las propiedades del tipo de material presente en la bóveda. $X \ X_2$



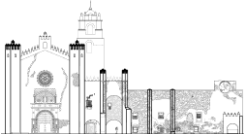
Una vez terminados los pasos anteriores se dispone a trazar el diagrama de fuerzas con los datos obtenidos. Al obtener el diagrama se coloca el empuje total (la primer línea) en la corona a la altura con la que se calculó, al centro de la primer dovela la línea se corta y se coloca la siguiente misma que será cortada en el centro de la siguiente dovela y así sucesivamente hasta colocar todas las líneas obtenidas en el diagrama, formando en conjunto la línea de presiones. Como se mencionó en repetidas ocasiones la línea debe permanecer dentro de la estructura para demostrar la estabilidad de la misma, si ocurre lo contrario se tienen que realizar los ajustes necesarios hasta encontrar una línea que quede contenida en los límites admisibles.

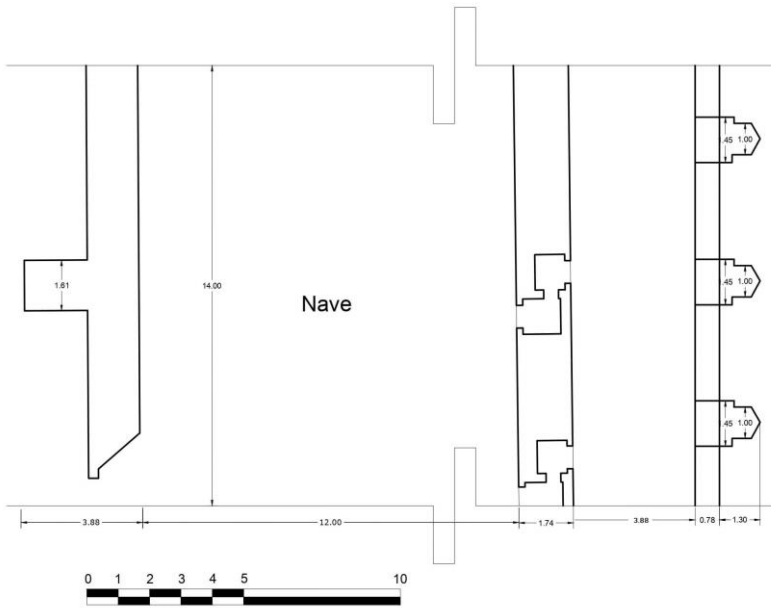
Diagrama de Fuerzas completo y dividido en dos partes para una mejor comprensión



Después de trazar la línea de presiones en la bóveda se continúa con el estudio de cargas del muro y contrafuerte del lado norte respectivamente lo cual nos ayudara para prolongar el trayecto de la línea hasta hallar la cimentación. Por otra parte el muro sur se calculara una vez tenidas tanto la línea de presiones de la bóveda de la iglesia como la del claustro pues este muro está sujeto a ambas cubiertas.

Estudio de cargas del muro y contrafuerte									
Área de dovelas (m2)	x	Ancho de sección (m)	=	Volumen de dovelas (m3)	x	Peso volumetrico mamposteria (kg/m3)	=	Peso total de muro y contrafuerte (kg)	
Muro	30.08	x	12.4	=	372.992	x	2000	= Muro	745984
Contra	75.02	x	1.61	=	120.7822	x	2000	= Contra	241564.4
								=	987548.4

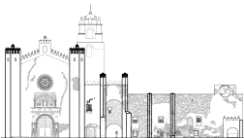
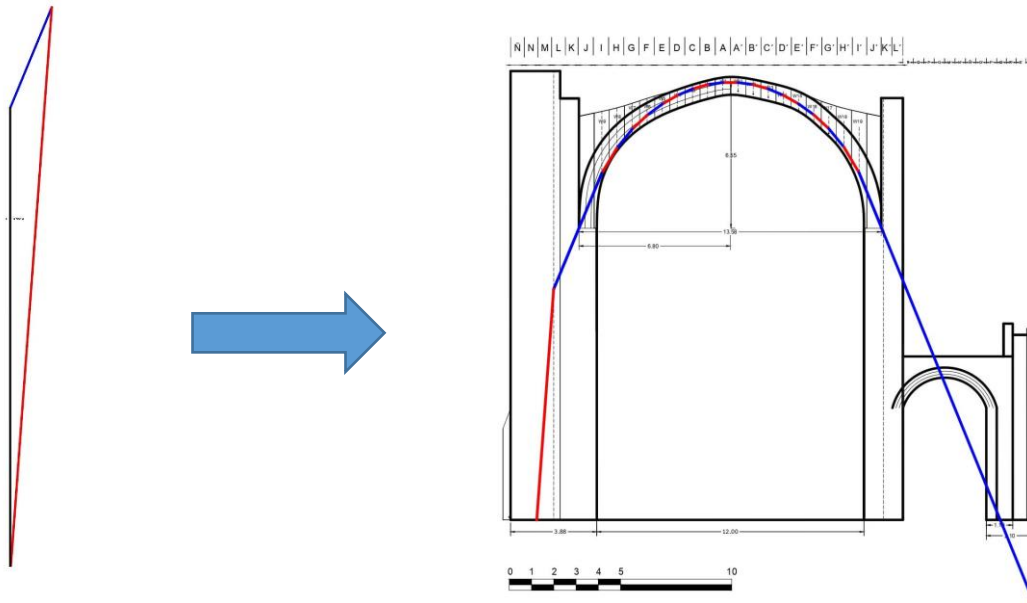




Vista en planta de la sección de análisis

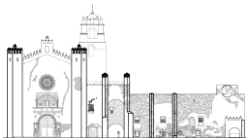
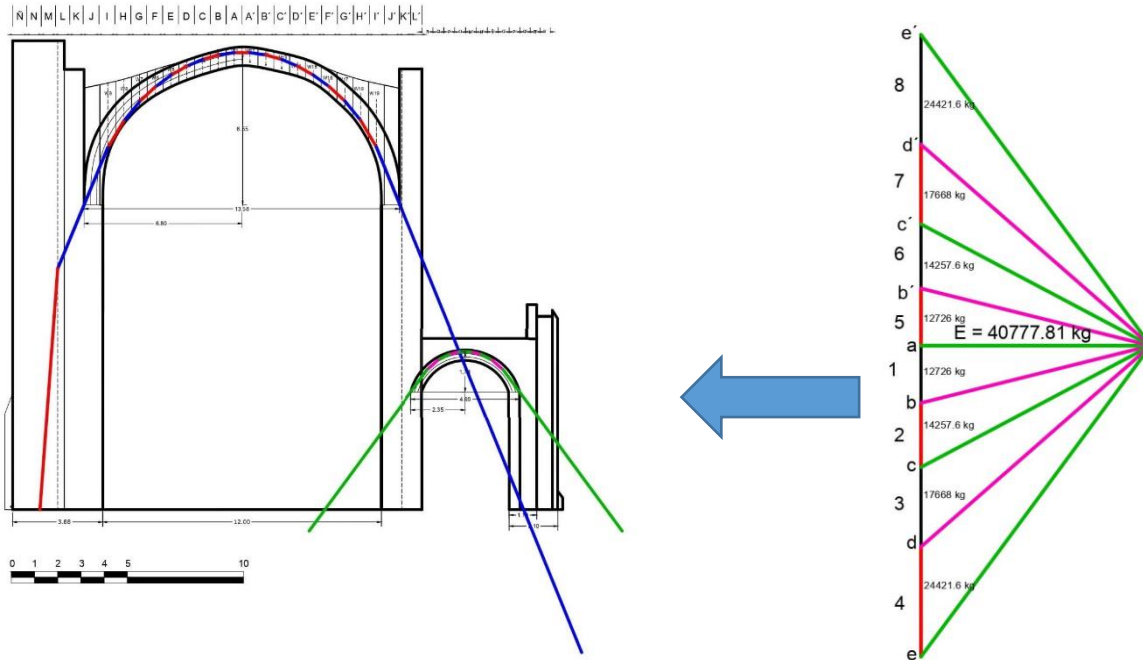
Las fuerzas en el muro y contrafuerte en conjunto actúan de la misma manera que en las dovelas de la bóveda por lo tanto al calcular el peso total de ambos cuerpos se continúa con el diagrama y posteriormente con la prolongación de la línea con los datos obtenidos. La línea de la última dovela de igual manera se cortara al centro del cuerpo, en este caso del muro y contrafuerte conjuntamente. Se continúa con el trazado de la línea partiendo de la última obtenida en la bóveda, ésta será la diagonal resultante del peso total del muro y contrafuerte, la cual será proyectada en el plano hasta hallar la cimentación. Al igual que en la bóveda la línea debe quedar contenida dentro del cuerpo para demostrar su estabilidad.

Las fuerzas en el muro y contrafuerte en conjunto actúan de la misma manera que en las dovelas de la bóveda por lo tanto al calcular el peso total de ambos cuerpos se continúa con el diagrama y posteriormente con la prolongación de la línea con los datos obtenidos. La línea de la última dovela de igual manera se cortara al centro del cuerpo, en este caso del muro y contrafuerte conjuntamente. Se continúa con el trazado de la línea partiendo de la última obtenida en la bóveda, ésta será la diagonal resultante del peso total del muro y contrafuerte, la cual será proyectada en el plano hasta hallar la cimentación. Al igual que en la bóveda la línea debe quedar contenida dentro del cuerpo para demostrar su estabilidad.

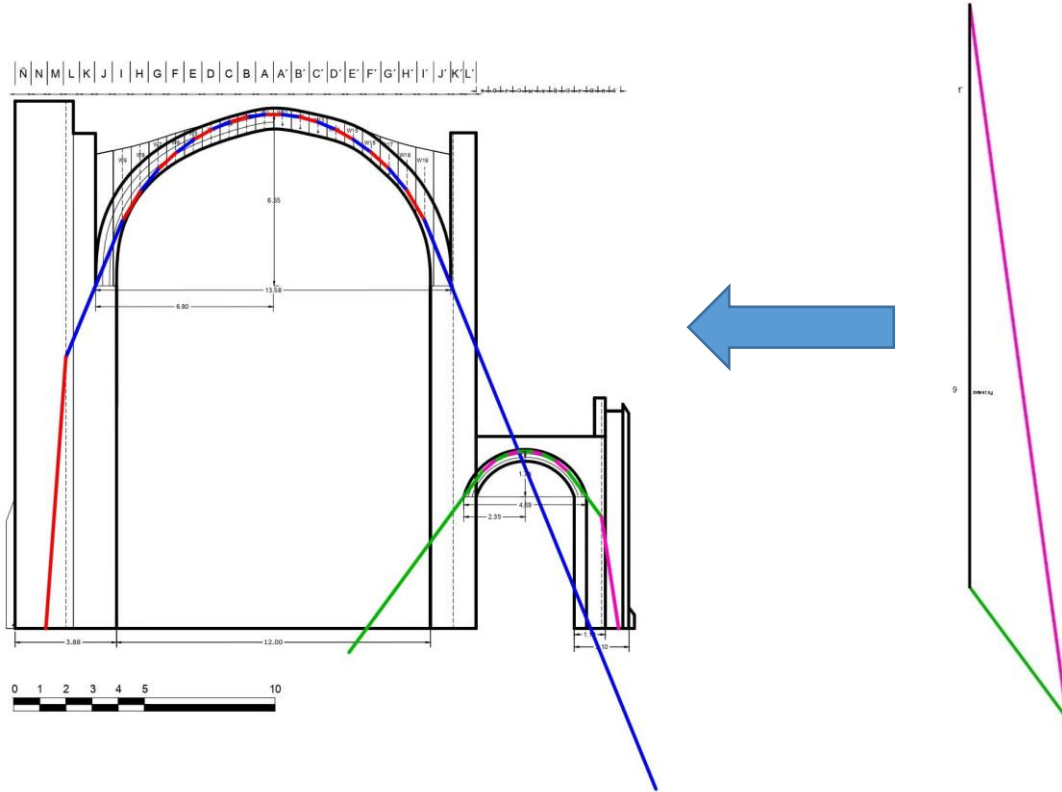


Una vez terminada la línea de presiones de la bóveda que cubre la iglesia se realizara el cálculo de la bóveda del claustro siguiendo los mismos pasos que se realizaron al hacer la primera, los resultados se muestran a continuación:

Estudio de cargas de la Bóveda del claustro															
Área de dovelas (m2)	x	Ancho de sección (m)	=	Volumen de dovelas (m3)	x	Peso volumetrico mamposteria (kg/m3)	=	Peso total de dovelas (kg)		d	M				
a21	0.4545	x	14	=	6.363	x	1600	=	W21	10180.8	x	0.23	2341.584		
a22	0.5092	x	14	=	7.1288	x	1600	=	W22	11406.08	x	0.7	7984.256		
a23	0.631	x	14	=	8.834	x	1600	=	W23	14134.4	x	1.17	16537.248		
a24	0.8722	x	14	=	12.2108	x	1600	=	W24	19537.28	x	1.64	32041.1392		
									X	55258.56			58904.2272		
a25	0.4545	x	14	=	6.363	x	1600	=	W25	10180.8	x	0.23	2341.584		
a26	0.5092	x	14	=	7.1288	x	1600	=	W26	11406.08	x	0.7	7984.256		
a27	0.631	x	14	=	8.834	x	1600	=	W27	14134.4	x	1.17	16537.248		
a28	0.8722	x	14	=	12.2108	x	1600	=	W28	19537.28	x	1.64	32041.1392		
									Y	55258.56			58904.2272		
													117808.454		
Reacción total vertical en X =										55258.56	$\Sigma V = 0$	Hx - Hy = 0		$\Sigma =$	117808.454
Reacción total vertical en Y =										55258.56	$\Sigma H = 0$				
Vx + Vy =										110517.12					
h =										2.35	259715.232				
d =										1.74	-141906.778				
											-81555.6193				
											E = -40777.8097				



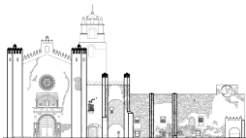
Estudio de cargas del muro y contrafuerte del claustro									
Área de dovelas (m2)	x	Ancho de sección (m)	=	Volumen de dovelas (m3)	x	Peso volumetrico mamposteria (kg/m3)	=	Peso total de muro y contrafuerte (kg)	
Muro	9.35	x	14	=	130.9	x	2000	= Muro	261800
Contrafuerte	7.44	x	3	=	22.32	x	2000	= Contrafuerte	44640
								=	306440

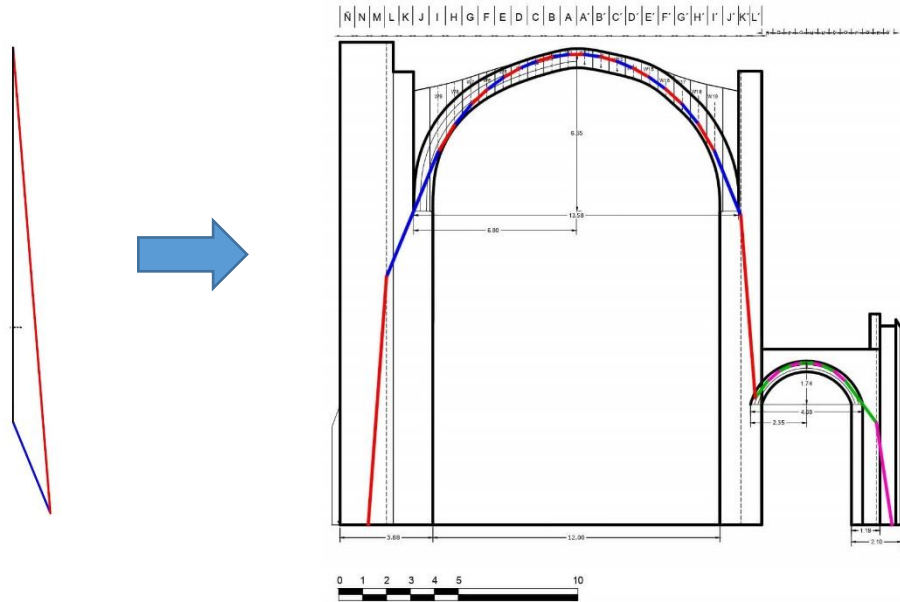


Una vez obtenidas las líneas de presiones en ambas bóvedas nos centramos en el muro por el cual recaen ambos cuerpos y es en éste donde debe bajar la línea hasta llegar a la cimentación. Como se observa en el dibujo anterior las líneas de ambas bóvedas salen del muro por tal motivo se debe realizar el cálculo del peso total de dicha estructura para continuar con el trayecto de la línea de presiones.

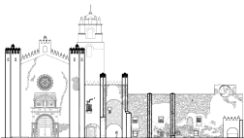
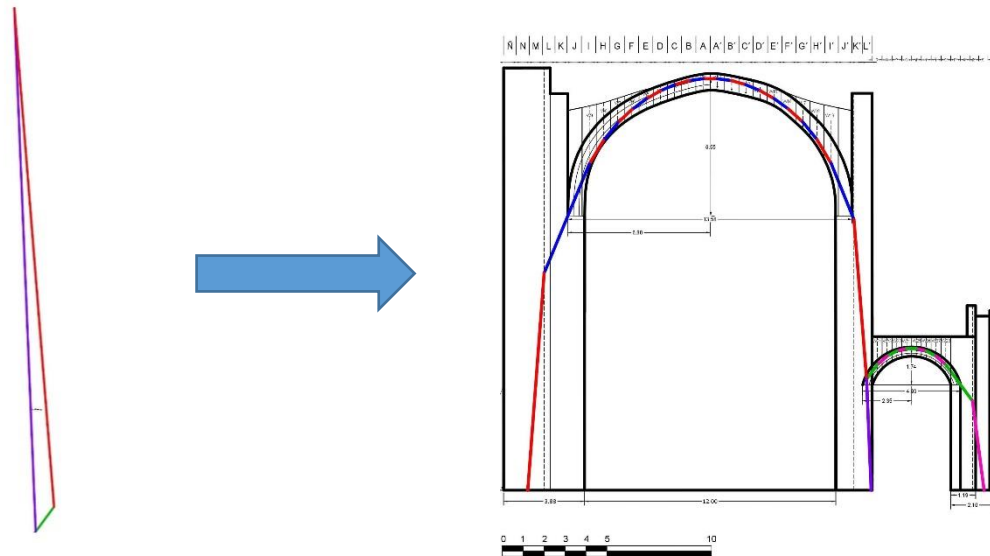
Área de dovelas (m2)	x	Ancho de sección (m)	=	Volumen de dovelas (m3)	x	Peso volumetrico mamposteria (kg/m3)	=	Peso total de muro (kg)	
Muro	31.96	x	14	=	447.44	x	2000	= Muro	894880

La última línea de la bóveda de la iglesia será cortada en la intersección central del muro y a partir de ese punto se unirá la nueva línea, la cual será obtenida mediante el resultado del valor del peso total del muro, se proyectara hasta intersectar con la línea de presiones del claustro, al encontrarse ambas líneas se cortaran en esa zona.





Ya obtenidas las líneas de presiones de ambas bóvedas debemos aterrizarla en la cimentación, para saber la trayectoria que debe de seguir es necesario hallar el peso total requerido; esto se realiza de manera gráfica partiendo de las últimas dos líneas de cada diagrama de fuerzas, se intersectan y se proyecta una nueva resultante con la magnitud y dirección que se indique. Esta es una de las múltiples líneas de presiones que pueden existir dentro de la estructura para corroborar la estabilidad estructural de la edificación.

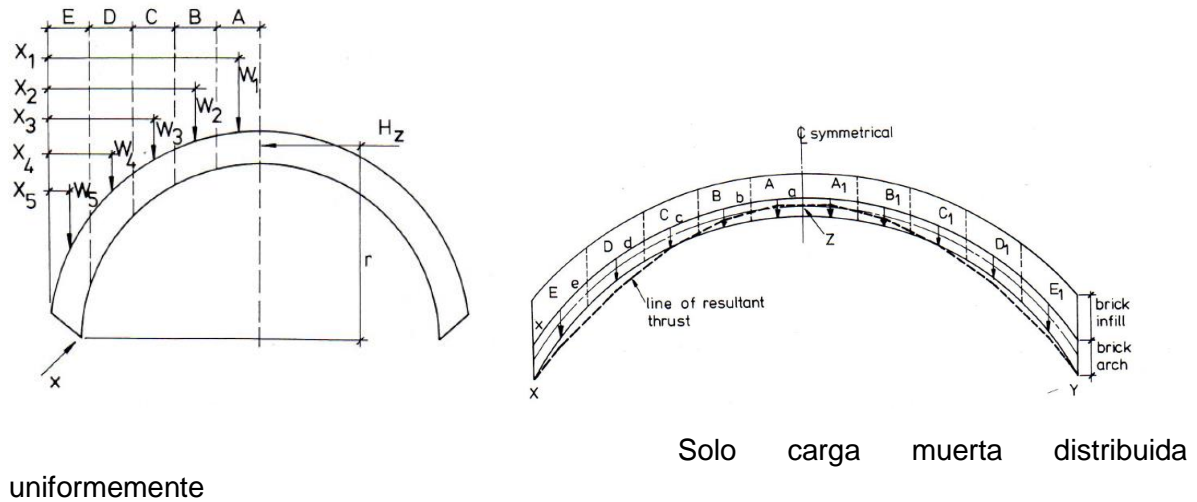


Anexo 13. Análisis de equilibrio de fuerzas, procedimiento del método de línea de presiones para un arco simétrico (Curtin et. al, 1999: 416-433).

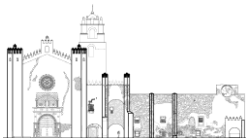
Uno de los análisis más simples (y en opinión de los autores, uno de los mejores) es probablemente el del profesor Heyman de Cambridge, en su excelente libro Equilibrium of shell Structures. Se trata de un arco de grosor mínimo que soporta su propio peso, y la profundidad del arco calculado debe aumentarse para que los análisis de la sección de prueba lleven más carga muerta y cualquier carga impuesta. Se producen dos gráficos, para determinar el grosor del arco y para conocer la componente horizontal del empuje del pilar.

Procedimientos de diseño

1. Elegir subida (entre 1/4 a 1/2 de tramo)
2. Elige la forma (preferiblemente parabólica o arco de un círculo)
3. Elija la sección de prueba
4. Realizar análisis gráfico.
 - a) divida el arco y el relleno de arriba en una serie de segmentos como A B C D E. Véanse las siguientes figuras:



- b) Determine la carga muerta del arco, el llenado y la carga impuesta en cada segmento. Tomemos los dos casos de carga impuesta, es decir, el espacio entero cargado y desde el pilar hasta la corona cargada solamente.
- c) Trate la carga distribuida como una serie de cargas puntuales, W1, W2, etc.



d) Calcule el empuje H_z en la Corona tomando momentos sobre X: $H_z \times r = w_1 \times X_1 + W_2 \times X_2 + W_3 \times X_3$ etc. (para este cálculo, suponga que H_z es horizontal y que el momento en la corona es cero, es decir, un arco de tres clavijas)

e) Dibuje el diagrama de fuerza, usando la notación de arco, vea la figura:

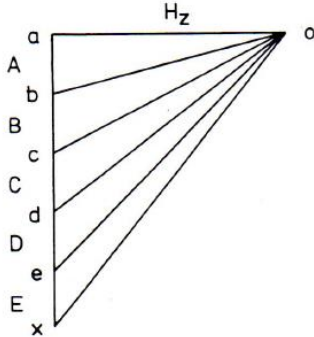


Diagrama de Fuerza

f) Dibuje la línea de empuje en el perfil del arco así:

i) comience en la corona del arco y trace la línea de empuje horizontal que actúa a través del centro de la profundidad del anillo del arco.

ii) a través del espacio una línea de trazado paralela a a o (es decir, línea de empuje horizontal H_z) que cambia la pendiente en "a" y se vuelve paralela a b o.

iii) Continúe la línea paralela a b o a través del espacio B y cambie la pendiente en b para volverse paralela a c o y así sucesivamente.

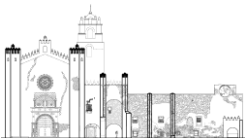
g) La línea resultante, conocida como la línea de empuje resultante, se verifica para determinar si pasa fuera del tercio medio de la profundidad del arco.

5. Verifique las tensiones en las ubicaciones críticas en el anillo de arco utilizando el procedimiento que se proporciona en los siguientes ejemplos.

6. Verifique el análisis de la "sección agrietada" si la tensión de tracción inaceptablemente alta se indica en la operación 5.

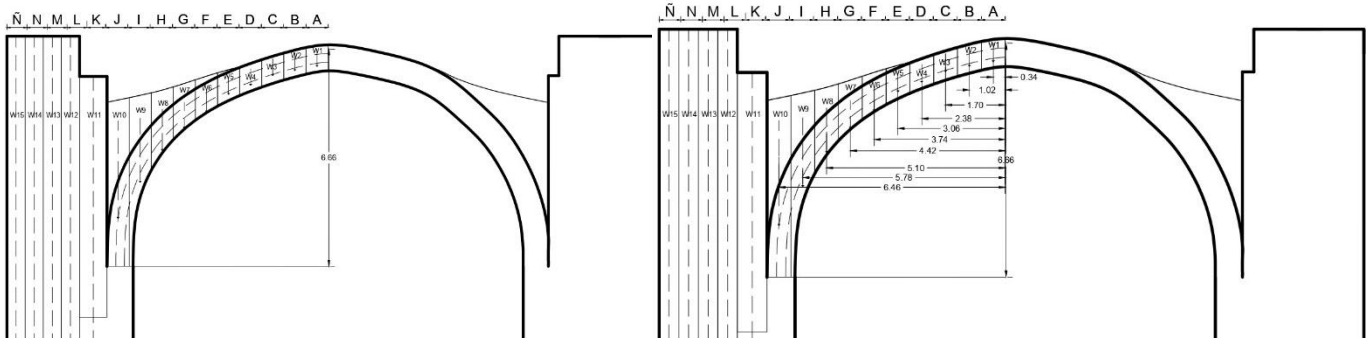
7. Rediseñar según sea necesario; tenga en cuenta que si se muestra que la línea de empuje resultante, en la operación 4 (g), está considerablemente fuera del tercio medio del anillo del arco, es probable que la forma del arco requiera un ajuste y que las operaciones 1 a 4 se repitan para el nuevo perfil de arco.

8. Habiendo establecido un perfil de arco adecuado, y comprobado los niveles de estrés en las operaciones 5 y 6, elija la unidad de mampostería y la resistencia del mortero.



Anexo 14. Procedimiento y cálculo para obtener la línea de presiones en la bóveda de cañón corrido de la iglesia de San Juan Bautista en Yecapixtla, Morelos (Geometría hipotéticamente simétrica).

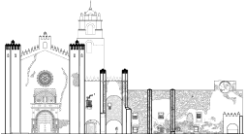
Al igual que el ejercicio anterior se dividió el arco y el relleno de arriba en una serie de segmentos como A, B, C, D, E, etc. Se calcula el empuje Hz en la Corona tomando



momentos sobre X: $H_z \times r = w_1 \times X_1 + W_2 \times X_2 + W_3 \times X_3$, etc. Para realizar este cálculo, suponga que H_z es horizontal y que el momento en la corona es igual a Cero. Al proponer una estructura simétrica basta con solo calcular la mitad del arco como se muestra a continuación.

Para este caso la mitad de la bóveda se dividió en diez dovelas y se calculó la carga de cada una de ellas, de igual manera el material es una mampostería con un peso volumétrico

Estudio de cargas de la mitad de la bóveda									
Área de dovelas (m ²)	x	Ancho de sección (m)	=	Volumen de dovelas (m ³)	x	Peso volumetrico mamposteria (kg/m ³)	=	Peso total de dovelas (kg)	
a1	0.556	x	14	=	7.784	x	1600	=	W1 12454.4
a2	0.5621	x	14	=	7.8694	x	1600	=	W2 12591.04
a3	0.5699	x	14	=	7.9786	x	1600	=	W3 12765.76
a4	0.5827	x	14	=	8.1578	x	1600	=	W4 13052.48
a5	0.6471	x	14	=	9.0594	x	1600	=	W5 14495.04
a6	0.7656	x	14	=	10.7184	x	2000	=	W6 21436.8
a7	0.9618	x	14	=	13.4652	x	2000	=	W7 26930.4
a8	1.3313	x	14	=	18.6382	x	2000	=	W8 37276.4
a9	2.3744	x	14	=	33.2416	x	2000	=	W9 66483.2
a10	3.471	x	14	=	48.594	x	2000	=	W10 97188
Área de media bóveda				Volumen de media bóveda				Peso total de media bóveda	
11.8 m ²				166 m ³				314674 kg	

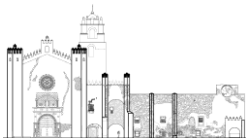


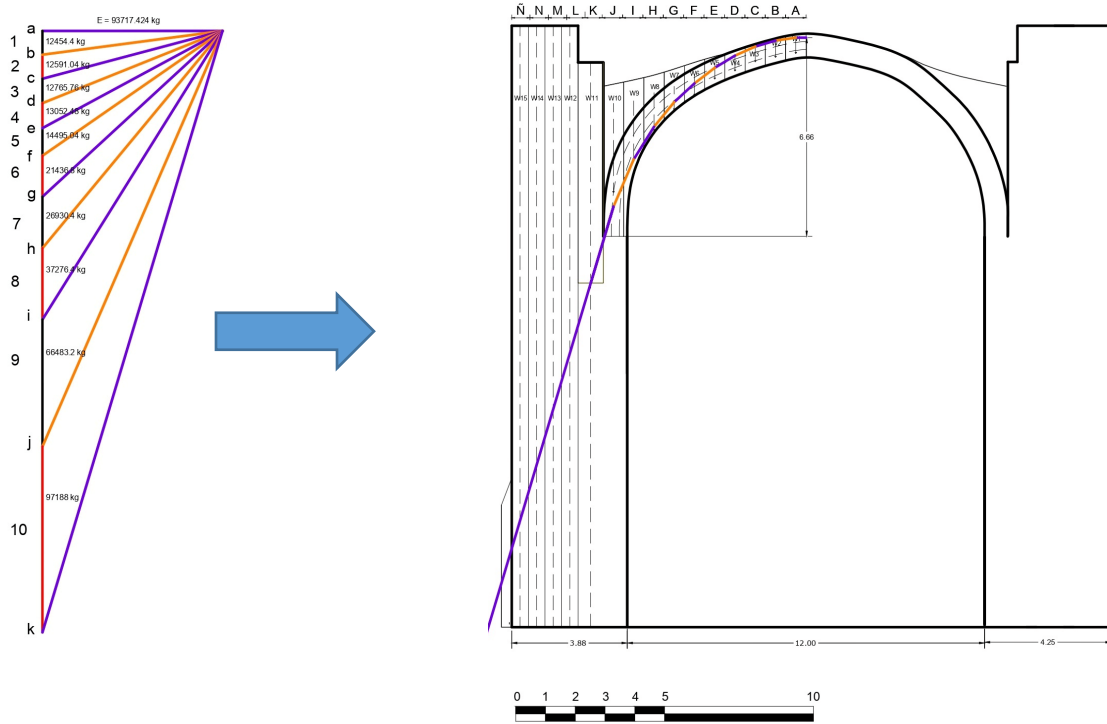
de 1600 kg/m³ en bóveda y de 2000 kg/m³ en zona de bóveda con relleno, una vez realizado lo anterior se elaboró el estudio de cargas en la mitad de la bóveda de la iglesia, así como los momentos y el empuje total; los resultados se muestran a continuación:

Momento					
Peso total de dovelas (kg)			Distancias (m)		
W1	12454.4	x	6.46	=	80455.424 kg*m
W2	12591.04	x	5.78	=	72776.211 kg*m
W3	12765.76	x	5.1	=	65105.376 kg*m
W4	13052.48	x	4.42	=	57691.962 kg*m
W5	14495.04	x	3.74	=	54211.45 kg*m
W6	21436.8	x	3.06	=	65596.608 kg*m
W7	26930.4	x	2.38	=	64094.352 kg*m
W8	37276.4	x	1.7	=	63369.88 kg*m
W9	66483.2	x	1.02	=	67812.864 kg*m
W10	97188	x	0.34	=	33043.92 kg*m
			Total	=	624158.05 kg*m

	Momento	=	(E) (H)			
	624158 kg	=	(E) (6.66m)			
E=	624158.05 kg*m	/	6.66 m	=	93717.424 kg	

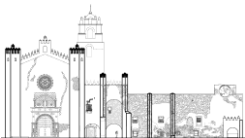
Una vez terminados los pasos anteriores se dispone a trazar el diagrama de fuerzas con los datos obtenidos. Después de realizar el diagrama se comienza con el trazo de la línea de presiones en la sección colocando inicialmente el empuje total (la primer línea) en la corona a la altura con la que se calculó, al centro de la primer dovela la línea se corta y a partir de ahí se coloca la siguiente línea cortándola en el centro de la siguiente dovela y así sucesivamente hasta ubicar todas las líneas obtenidas en el diagrama formando la línea de presiones.

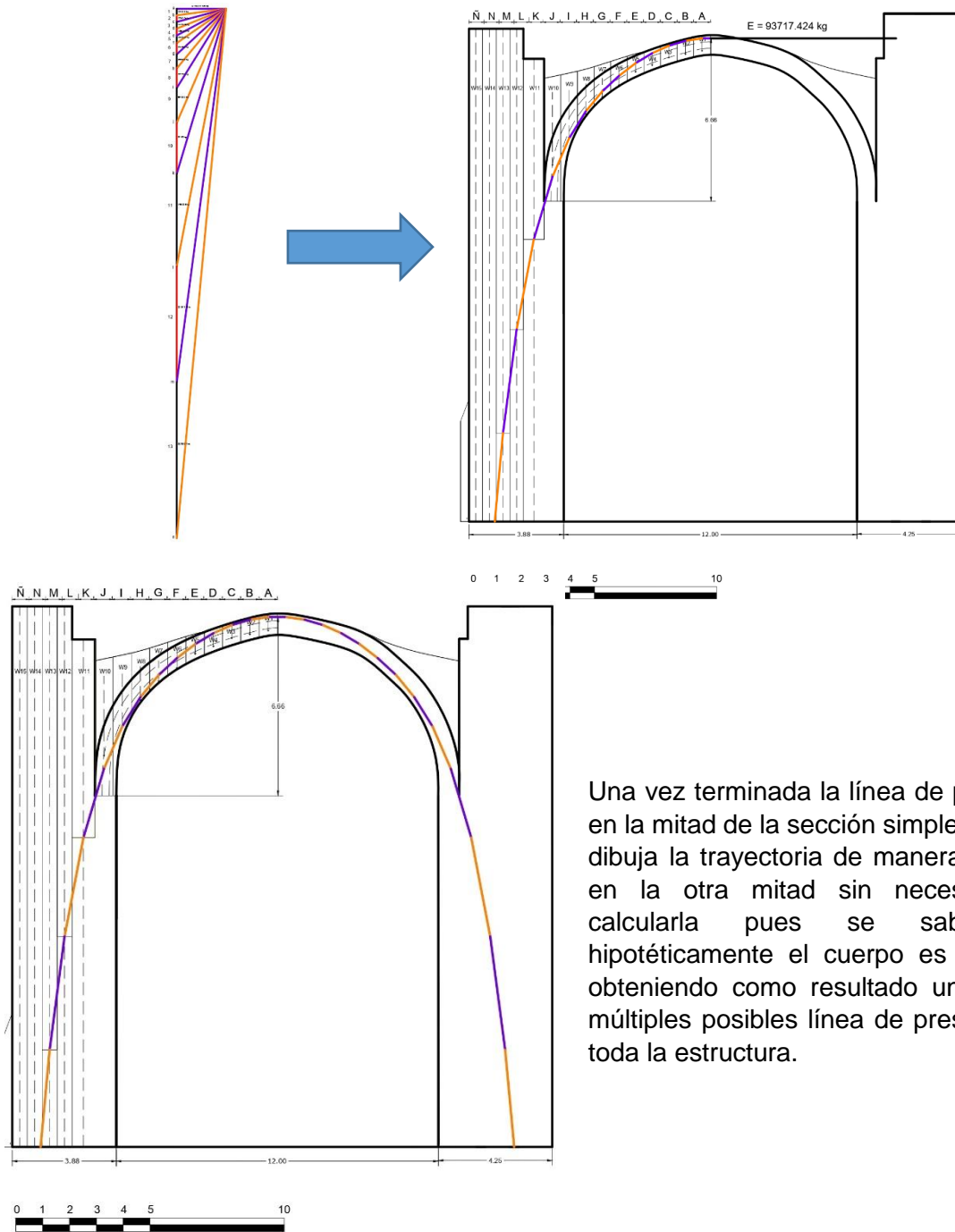




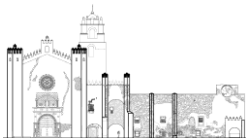
Después de trazar la línea de presiones en la bóveda se continúa con el estudio de cargas del muro y contrafuerte para prolongar el diagrama y la línea de presiones consiguiendo así la trayectoria final de la misma hasta hallar la cimentación.

Estudio de cargas del muro y contrafuerte								
Área de dovelas (m ²)	x	Ancho de sección (m)	=	Volumen de dovelas (m ³)	x	Peso volumetrico mamposteria (kg/m ³) =	Peso total de dovelas (kg)	
a11	6.2902	x	14	=	88.0628	x	2000 = W1	176125.6
a12	6.8658	x	1.61	=	11.053938	x	2000 = W2	22107.876
a13	9.2267	x	1.61	=	14.854987	x	2000 = W3	29709.974



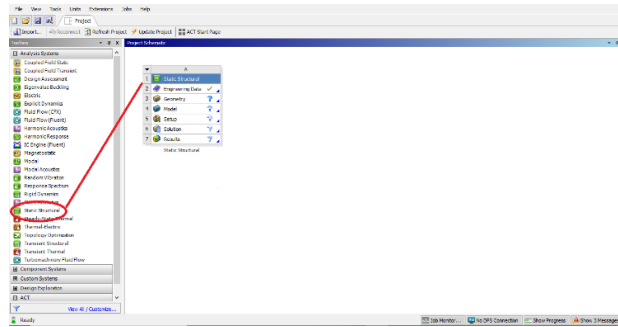


Una vez terminada la línea de presiones en la mitad de la sección simplemente se dibuja la trayectoria de manera opuesta en la otra mitad sin necesidad de calcularla pues se sabe que hipotéticamente el cuerpo es simétrico obteniendo como resultado una de las múltiples posibles línea de presiones de toda la estructura.

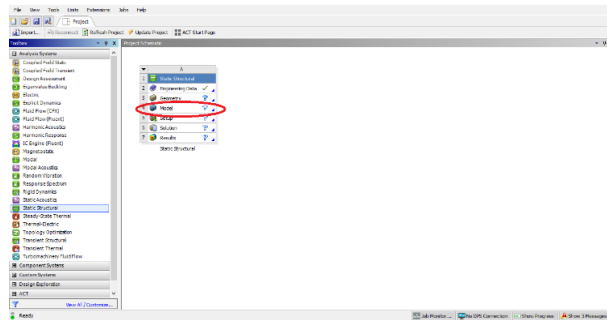


Anexo 15. Procedimiento para la aplicación de análisis elástico lineal mediante elementos finitos con el Software ANSYS.

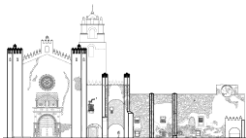
Se realiza el modelo 3D en el software AutoCAD y una vez teniéndolo se exporta en formato sat. Para poder abrirlo en el software de análisis. Se abre el software ANSYS en la ventana Toolbox, Analysis Systems se selecciona el tipo de análisis que se requiere, en este caso se utilizara el estático estructural “Static Structural” al seleccionarlo se abrirá un recuadro en la ventana de Project Schematic, ese recuadro se rellenara con datos que se proporcionaran para la ejecución del análisis.

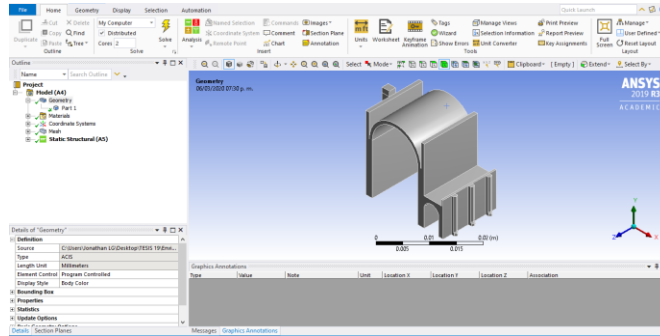


En la ventana del análisis se abrirá la pestaña “Model” la cual nos mandara a una nueva ventana de trabajo en donde se realizara todo lo concerniente al análisis a estudiar.

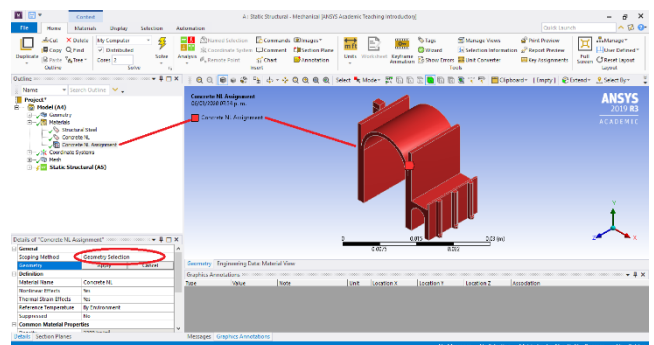
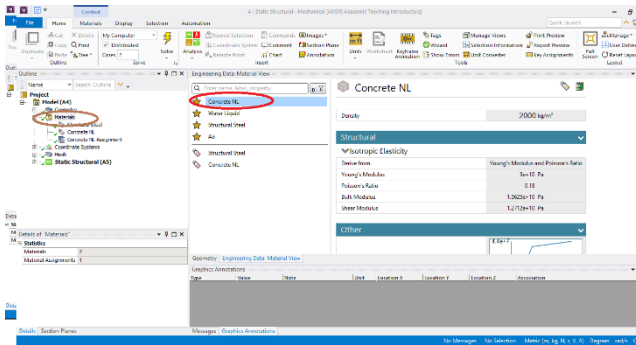


Una vez abierta la nueva ventana de trabajo nos disponemos a importar el modelo 3D realizado en AutoCAD; seleccionamos “File”, seguido de “Import”, “Geometry” y “Browse to a geometry file”, se abrirá la ventana de documentos y seleccionaremos el archivo deseado en formato “sat.” Posteriormente abrir, inmediatamente el modelo aparecerá en la ventana de trabajo de ANSYS.

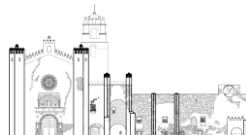
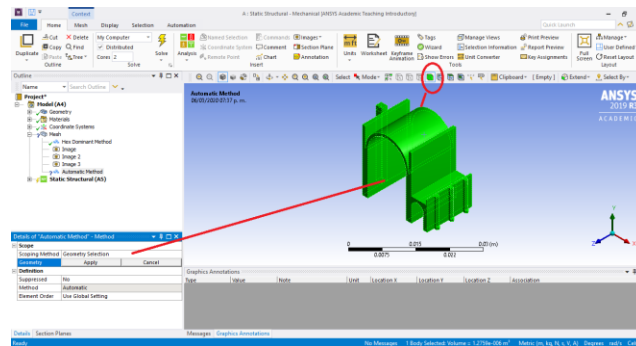




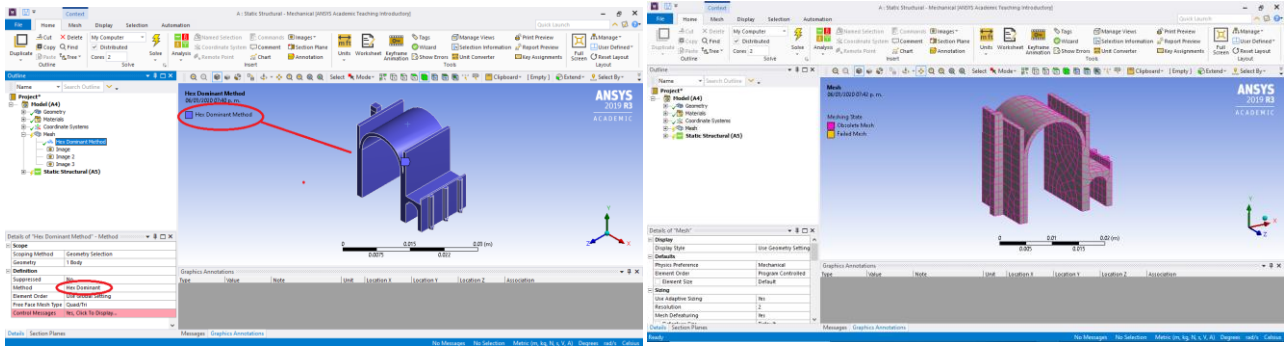
Continuamos con la asignación de datos requeridos para la ejecución del análisis. Comenzamos con el material, nos dirigimos a “Materials”, se abre una pestaña en donde hay materiales por default, si no aparece el material requerido se busca con la lupa en donde dice “Enter name”, seleccionamos “Concrete NL” y automáticamente aparecerá debajo de la carpeta de “Materials” al tenerlo en esa lista, con el click derecho seleccionamos “Create material assignment”, en la ventana de abajo donde aparece “Details” elegimos “Geometry selection” y posteriormente “Apply”. Al realizar estos pasos el modelo ya tendrá el material asignado.



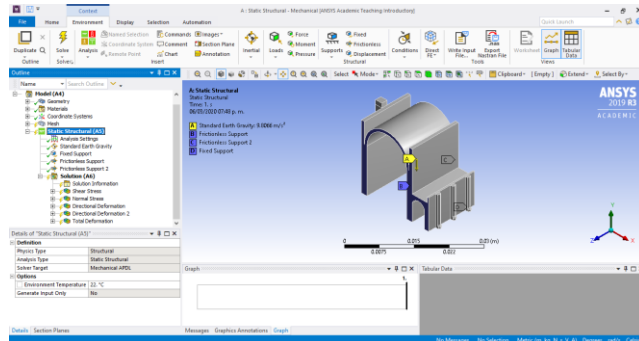
Se continúa con la discretización del modelo, para realizarlo nos dirigimos a “Mesh”, click derecho “Insert” después “Method”, en la ventana donde aparece el modelo seleccionamos “Body” que es el icono de un cubo sólido, posteriormente seleccionamos el modelo y en la ventana de “Details” elegimos “Geometry selection” posteriormente “Apply”, listo, ya tenemos el cuerpo que deseamos mallas.



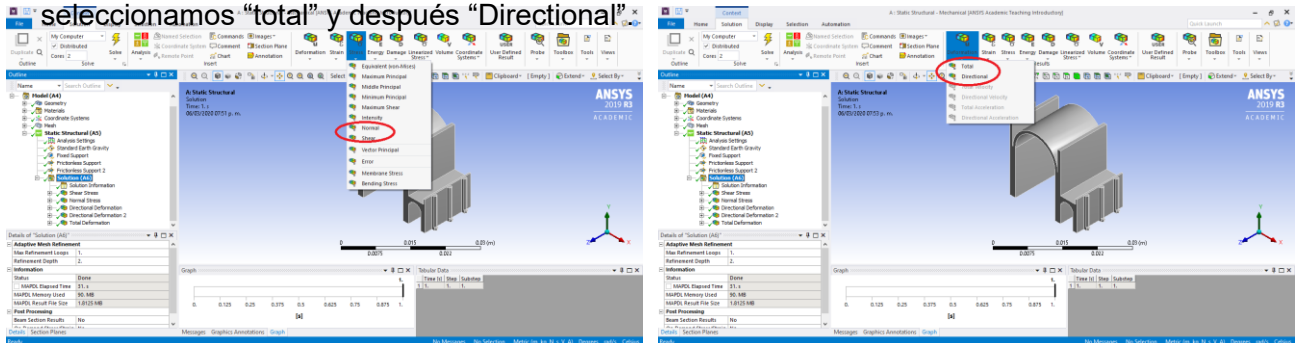
Una vez cargados los datos del elemento a mallas se elige el tipo de mallado que se utilizara, en la ventana de “Details” debajo de donde se seleccionó el elemento a mallas aparece una pestaña de nombre “Method” le damos click y seleccionamos la malla requerimos, en este caso seleccionamos la opción de “Hex dominant”, una vez asignado el tipo de mallado seleccionamos “Solve” y el programa en automático se dispondrá a realizar la discretización.



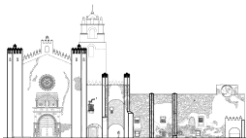
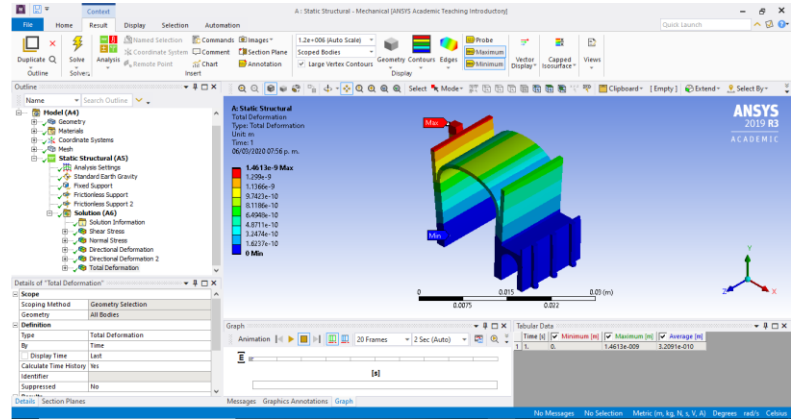
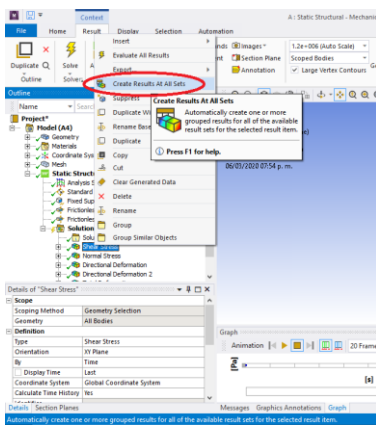
Continuamos con la incorporación de datos, ahora en la pestaña de “Static structural” en la ventana de “Environment”, seleccionamos “Inertial” en donde agregaremos la gravedad “Standard Earth Gravity” la colocaremos en el sentido del eje Y. Posteriormente se aplicaran los soportes al modelo, en esa misma ventana de “Environment” buscamos los soportes primero seleccionamos soportes de fricción “Fritionless support” en las caras de la sección y un soporte fijo “Fixed support” en la base del elemento. En “Static structural damos click derecho y “Solve” automáticamente dará paso a resolver las ecuaciones que hemos programado.



Una vez resuelto las ecuaciones nos dirigimos a los resultados de los análisis que deseamos obtener, en la ventana de “Solution” nos dirigimos a buscar lo requerido, en este caso inicialmente buscaremos los esfuerzos tanto normales como cortantes, por tanto en el apartado de “Stress” seleccionamos “Shear stress” y “Normal stress”. De igual manera buscamos obtener las deformaciones, por un lado las direccionales y por otro la total; buscamos “Deformation” y seleccionamos “total” y después “Directional”

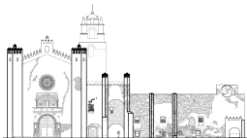


Una vez elegido los resultados que deseamos obtener éstos aparecerán debajo de la opción “Solution”, nos disponemos a resolver cada uno de ellos, click derecho y seleccionamos “Create Results At All Sets” para crear los resultados de todos los conjuntos. El software en automático se dispondrá a realizar los cálculos y ecuaciones que se hayan pedido posteriormente los resultados aparecerán y podremos leerlos de acuerdo a lo requerido, mencionando que el color rojo representara las tensiones máximas y el azul las compresiones.



Referencias

- Artigas, J. B. (2011). *México arquitectura del siglo XVI*. México: Taurus.
- Basalenque, D. de F. (1963). *Historia de la Provincia de San Nicolás de Toletino de Michoacán, del Orden de N.P.S. Agustín*. Michoacán.
- Calcerrada, Z. F. (2013). *Las matemáticas y la arquitectura*. España: Departamento de matemáticas. Universidad Politécnica de Madrid.
- I.C.E.M, (1994). *Conventos coloniales de Morelos*. México: Porrúa.
- Chico-Ponce, de L. P. A. y Peraza M. T. (2000). *Arquitectura Y Urbanismo Virreinal*. Yucatán: UADY.
- CNCPC-INAH. (2014). “*La conservación del patrimonio cultural en el INAH, México: la labor de la CNCPC a un año de su reestructuración*”. Vol. 5, n. 10. México.
- Córdoba, T. M. (1999) “*Hipótesis acerca del desarrollo constructivo del conjunto conventual de San Guillermo Totolapan, Morelos*” *Memoria del IV congreso interno del centro INAH Morelos*. Morelos: INAH-Morelos.
- Cuevas, M. (1942). *Monje y Marino. La vida en los tiempos de Fray Andrés de Urdaneta*. México: Layac.
- De Anda, A. E. X. (2013). *Historia de la Arquitectura Mexicana*. México: Gustavo Gili.
- Doblado González, M. (2007). Rafael de Hoz Arderius y la proporción cordobesa, Comunicación para el Segundo Congreso Internacional de Matemáticas en Ingeniería y Arquitectura.
<http://www2.caminos.upm.es/Departamentos/matematicas/Fdistancia/PIE/Chip%20geom%C3%A9trico/LaHoz.pdf>
- Dubernard, Ch. J. (s.a.). *Recopilación apuntes sobre conventos de Tlayacapan y Yecapixtla*.
- González, Q. R. F.; García Maya, L.I.; Villegas, C. S. L. y Abascal C. A. C. (2013). “*Resistencia y transformación social en la sociedad virreinal de Yecapixtla a fines del siglo XVI y principios del XVII*” *El tlacuache, suplemento cultural*. Morelos: INAH-Morelos.
- Ennis, A. (1957). *Fray Alonso de la Vera Cruz O.S.A. 1507-1584. A Study of his life and contribution to the religious and intellectual affairs of Early México*. Louvain: Emprimerie E. Wamy.
- Espinosa, E. G. (2001). “*La arquitectura de la evangelización en nueva España: concepto y valoración historiográfica*” *Actas del I congreso de historia y el mundo hispánico*. España: Hispania Sacra



García Gómez, N. (2012- 2013). *“Edificios históricos de mampostería y herramientas para su estudio estructural”*. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*. Morelos: UAEM

García Mendoza, J. y Nájera N., Guillermo. (2010). *Historia de Morelos. Tierra, gente, tiempos del sur. Tomo III de los señoríos indios al orden novohispano*. Morelos: Congreso del Estado de Morelos. LI Legislatura.

García Montes, Luis. *Medidas antiguas: La vara*. Universidad de Castilla. La Mancha. Recuperado en

García Montes, L. (s.a.) *“Medidas antiguas: La vara”*. [En línea]. España. UCLM. Disponible en:

http://biblioteca2.uclm.es/biblioteca/ceclm/ARTREVISTAS/Toletum/tol27/toletum27_garcia medidas.pdf [Consultado el día 24 de abril de 2017].

Gómez de Orozco, F. (1927). *Monasterios de la Orden de San Agustín en Nueva España, en el siglo XVI*. México: Cultura.

González Quesada, R. F. (2015). *“La capilla del barrio de San Andrés en Yecapixtla”*. *El tlacuache: Suplemento cultural*. Morelos. INAH-Morelos.

Grijalva, J. (1624). *Crónica de la Orden de N. P. S. Agustín en las Provincias de la Nueva España. En cuatro edades desde el año de 1533 hasta el de 1592*. México: Imprenta Loan Ruíz.

Gutiérrez, Y. R. (2008a). *“Convento de San Juan Bautista Yecapixtla. Arquitectura colonial religiosa del área de los conventos del oriente”*. *Centro Regional Morelos*. Morelos. SEP. INAH.

Gutiérrez, Y. R. (2008b). *“La ruta del Volcán”*. *Patrimonio de Morelos. El tlacuache: Suplemento cultural*. Morelos. INAH-Morelos.

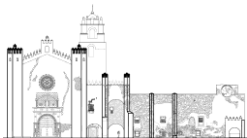
INAFED. (2016). *“H. Ayuntamiento de Yecapixtla. Enciclopedia de los municipios”*. [En línea]. México. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM17morelos/index.html> [Consultado el día 12 de Febrero de 2017].

Huerta, F. S. (2004) *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. España: Instituto Juan de Herrera.

Kubler, G. (2012) *Arquitectura Mexicana del siglo XVI*. México: Fondo de Cultura Económica.

Lazcarro, S. I. (2013). *“Yecapixtla en la geopolítica de los dioses. Una guerra de paz y sangre”*. *Dimensión antropológica*. Morelos. INAH-Morelos.

Ledesma, G. L. (2010). *Desarrollo de la Arquitectura religiosa mendicante del siglo XVI en el plan de amilpas y las cañadas de Morelos*. Tesis de doctorado, UNAM, México.



Ledesma, G. L. (2016). “*Materiales y sistemas constructivos en dos fundaciones mendicantes de las faldas del Popocatepetl*”. *Boletín de monumentos históricos*. México. INAH-México.

Libro Blanco. “*Programa para la rehabilitación de inmuebles históricos de daños por el sismo del 15 de junio de 1999*”. Morelos. INAH-Morelos.

Libro Blanco. “*Fideicomiso para el Fomento y la Conservación del Patrimonio Cultural Antropológico, Arqueológico e Histórico de México, San Juan Bautista Yecapixtla*”. Morelos. INAH-Morelos.

Loera, T. (1996) “*El mensaje de las piedras: un diálogo perdido. La fachada de la iglesia de San Juan Bautista en el Convento de Yecapixtla*”. *Temoanchan. Una crónica de historia regional. Suplemento cultural*. Morelos. INAH-Morelos.

McAndrew, J. (1965). *The open-air churches of sixteenth-century Mexico: atrios, posas, open chapels, and other Studies*. Cambridge: Harvard University.

Meli, R. (1999). *Ingeniería Estructural de los edificios históricos*. México: Fundación ICA.

Meli, R. (2011) *Los conventos mexicanos del siglo XVI*. México: Porrúa.

Meraz, Q. L.; Guerrero, B. L. F. y Soria, J. (2010). “*La casa tradicional de adobe en Yecapixtla, México: Un análisis tipológico. En: Arquitectura construida en tierra*”. *Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009*. [En línea]. Valladolid. Disponible en: http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2010/2010_9788469345542_p155-166_meraz.pdf [Consultado el día 16 de mayo de 2017].

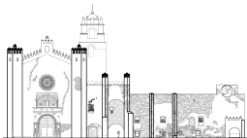
Monzalvo G. (Productor) y Correa Gómez G. (Director). (2019) *Ruta de los conventos la reconstrucción*. (Documental). México. Instituto Morelense de Radio y Televisión.

Olmedo, M. M. (2012). *Espiritualidad, temporalidad e identidad de un proyecto agustino. La pintura mural de los conventos de ermitaños en nueva España*. Tesis de Doctorado. UNAM, México.

Ordaz, T. M. del C. (2004). *Arquitectura religiosa virreinal de Yucatán. El conocimiento histórico – técnico de las iglesias con estructura espacial conventual. El conocimiento de la arquitectura histórica como condicionante de la restauración*. Tesis de doctorado. UPCB, Barcelona.

Piña, D. A. (2013). “*Arquitectura del siglo XVI. Material de lectura: Las artes en México N° 3*”. UNAM. México. Departamento de Humanidades.

Pérez Sánchez, J. E. (2003) *Yecapixtla de San Juan Bautista. Convento Agustino del Siglo XVI. Recuperación y Restauración del Convento de Yecapixtla y su entorno*. Tesis de Maestría. UNAM, México.



Pérez Sánchez, J. E. (2007) *Desarrollo de la arquitectura religiosa de la orden de San Agustín en la nueva España en el siglo XVI*. Tesis de Doctorado. UNAM, México.

Petzet, M. y Ziesemer J. (2008). “*Patrimonio en riesgo*”. *Icomos, informe mundial 2006/2007 sobre monumentos y sitios en peligro*. Múnich.

Ricard, R. (1947). *La conquista Espiritual de México. Ensayo sobre apostolado y los métodos misioneros de las órdenes mendicantes en la Nueva España, 1523-1524 a 1572*. México: Fondo de Cultura Económica.

Robert, M. (2002) *Tecnología arquitectónica hasta la revolución científica. Arte y estructura de las grandes construcciones*. Madrid: Akal.

Rocha, M. R. (2013). “*La vara*”. *Boletín de monumentos históricos*. México. Escuela Nacional de Conservación y Museografía INAH.

Romero, de T. Manuel (1985). *La iglesia y convento de San Agustín*. México: Instituto de Investigaciones Estéticas UNAM.

Roselló, S. E. (2011). “*De iglesias, catedrales, capillas y conventos: paradojas y claroscuros de nuestro patrimonio colonial, en La idea de nuestro patrimonio histórico y cultural*”. México. CONACULTA.

Rubial, G. A. (1989) *El convento agustino y la sociedad novohispana*. México: UNAM.

Rubial, G. A. (2008). “*Hortus Eremitarum. Las pinturas de tebaidas en los claustros agustinos*”. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas UNAM*. [En línea]. México. Disponible en: <http://www.analesiie.unam.mx/index.php/analesiie/article/view/2261/2649> [Consultado el día 7 de mayo de 2017].

Sánchez Vega, M. (2013). “*Una experiencia para rescatar, aprender y enseñar el patrimonio: monasterios del siglo XVI en las faldas del Popocatepetl*”. *Boletín de Monumentos Históricos*. México: INAH.

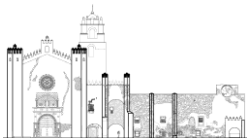
Sandoval, Z. B. (2011) “*Manual de conservación preventiva del antiguo convento de Tepoztlán*”. México: INAH-Morelos.

Secretaría de Gobierno y Gobierno del Estado de Morelos (1988). *Los Municipios del Estado de Morelos*. México: Enciclopedia de los Municipios de México.

Tenorio, G. C. (2010). “*Conjuntos Monacales Novohispanos*”. [En línea]. México. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265349378_CONJUNTOS_MONACALES_NOV_OHISPANOS [consultado el día 15 de Marzo de 2017].

Toussaint, M. (1948). *Arte colonial en México*. México: Imprenta Universitaria.

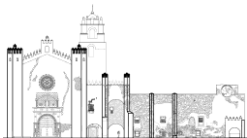
Toussaint, M. (1962) *Paseos Coloniales*. México: UNAM Instituto de Investigaciones Estéticas.



UNESCO (1994). “*World Heritage Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage*”. *World Heritage Committee Eighteen Session*. Phuket.

Violet-Le-Duc, E. (1996). *La construcción medieval*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Zavala, C. J. (2011). “*De las medidas que usan los geómetras y cosmógrafos. Sistemas de medición longitudinal y angular utilizados en México durante el Virreinato y el siglo XIX*”. *Boletín de monumentos históricos*. México. INAH.





VOTOS TESIS

Cuernavaca, Mor., 15 de febrero de 2021

Dra. Dulce María Arias Ataide

Director General de Servicios Escolares
de la UAEM.

Presente

Por este medio me permito informar a usted, que he revisado la **TESIS** Titulada:

TEMPLO DE SAN JUAN BAUTISTA DE YECAPIXTLA MORELOS
Edificación, arquitectura y estructura

Del pasante de arquitectura: **Jonathan López Galván**, la cual encuentro satisfactoria y reúne los requisitos que marcan los estatutos de esta institución para titularse, por lo tanto otorgo mi **VOTO APROBATORIO**.

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los trámites legales que procedan.

Atentamente

Por una Humanidad Culta

Dra. Natalia García Gómez
Jurado Evaluador

C.c.p.- Expediente.
C.c.p.- Archivo.
*ned



VOTOS TESIS

Cuernavaca, Mor., 15 de febrero de 2021

Dra. Dulce María Arias Ataide

Director General de Servicios Escolares
de la UAEM.

Presente

Por este medio me permito informar a usted, que he revisado la **TESIS** Titulada:

TEMPLO DE SAN JUAN BAUTISTA DE YECAPIXTLA MORELOS
Edificación, arquitectura y estructura

Del pasante de arquitectura: **Jonathan López Galván**, la cual encuentro satisfactoria y reúne los requisitos que marcan los estatutos de esta institución para titularse, por lo tanto otorgo mi **VOTO APROBATORIO**.

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los trámites legales que procedan.

Atentamente

Por una Humanidad Culta

Mtra. Perla Sonia Posada Vique
Jurado Evaluador

C.c.p.- Expediente.

C.c.p.- Archivo.

*ned



VOTOS TESIS

Cuernavaca, Mor., 15 de febrero de 2021

Dra. Dulce María Arias Ataide

Director General de Servicios Escolares
de la UAEM.

Presente

Por este medio me permito informar a usted, que he revisado la **TESIS** Titulada:

TEMPLO DE SAN JUAN BAUTISTA DE YECAPIXTLA MORELOS
Edificación, arquitectura y estructura

Del pasante de arquitectura: **Jonathan López Galván**, la cual encuentro satisfactoria y reúne los requisitos que marcan los estatutos de esta institución para titularse, por lo tanto otorgo mi **VOTO APROBATORIO**.

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los trámites legales que procedan.

Atentamente

Por una Humanidad Culta

Dr. Miguel Ángel Cuevas Olascoaga
Jurado Evaluador

C.c.p.- Expediente.

C.c.p.- Archivo.

*ned



VOTOS TESIS

Cuernavaca, Mor., 15 de febrero de 2021

Dra. Dulce María Arias Ataide

Director General de Servicios Escolares
de la UAEM.

P r e s e n t e

Por este medio me permito informar a usted, que he revisado la **TESIS** Titulada:

TEMPLO DE SAN JUAN BAUTISTA DE YECAPIXTLA MORELOS
Edificación, arquitectura y estructura

Del pasante de arquitectura: **Jonathan López Galván**, la cual encuentro satisfactoria y reúne los requisitos que marcan los estatutos de esta institución para titularse, por lo tanto otorgo mi **VOTO APROBATORIO**.

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los trámites legales que procedan.

A t e n t a m e n t e

Por una Humanidad Culta

Dr. Francisco Salvador Granados Saucedo
Jurado Evaluador

C.c.p.- Expediente.

C.c.p.- Archivo.

*ned



VOTOS TESIS

Cuernavaca, Mor., 15 de febrero de 2021

Dra. Dulce María Arias Ataide
Director General de Servicios Escolares
de la UAEM.
P r e s e n t e

Por este medio me permito informar a usted, que he revisado la **TESIS** Titulada:

TEMPLO DE SAN JUAN BAUTISTA DE YECAPIXTLA MORELOS
Edificación, arquitectura y estructura

Del pasante de arquitectura: **Jonathan López Galván**, la cual encuentro satisfactoria y reúne los requisitos que marcan los estatutos de esta institución para titularse, por lo tanto otorgo mi **VOTO APROBATORIO**.

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los trámites legales que procedan.

A t e n t a m e n t e
Por una Humanidad Culta



Dra. Patrizia Granziera
Jurado Evaluador

C.c.p.- Expediente.
C.c.p.- Archivo.
*ned



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

PERLA SONIA POSADA VIQUE | Fecha:2021-02-26 10:13:22 | Firmante

a6kkLJBHwOU9vfYTsWdHX5j0mPFiv98Cq4Jg3u94VnOxR6q4He48kJGCG2wyan8ZmcjOGzCaJczxgB6EBkyVpOjbELR/g3qWm8VgJzaSKg/XgQljiEORM9qNgLgqpgqxitHG15clwfZaYkfz8JX5y+nBjKL7fToA8ty8qdWofMQAiVlw1s7yx1bz1o8SEx7Sqe5edtXGid3Loz5nWzBp8/RkWPPrshPFRNEkwntNdDo/PIJFDtXxcD/LJgQ0kaOfwi8tS0JXmkAU8bouYiaoMClScebZg4bxHcCnv1JvL2izcT9YealoUagZwBd0A0IEYEgJjw8+qFDc7DWhdC0CYjw==

NATALIA GARCIA GOMEZ | Fecha:2021-02-26 10:43:49 | Firmante

MdssPolFURED+qB17OAZm7GCP6ibE9OWpoXeNm6cJksKdCDJBptFsuaJa1ykk/kostsQTO47zEVbh/IGKh9mSrheR5ogZrSQs6ZHyeSZF9UAHjOfrTx8qc2LB8s0N95vme3Pslr3U2PA9GjF8S0qwaTNL25G4oI0T4ZG/TLUzdmcW03v6TibvNxbuK4mKC/MA5xIKcQqqQhM911/N2xMrJUUtKQvntfJamr88JBExtckBJ7cfM2yTLu06GKz7mK0lq3crEEfmUzg5sau1j6yEH0LAcP43UwSQkjD9X1BghazEue5q2fw8S/z5w+NmG4dCGhFgioUOSfsiamci5vlQ==

MIGUEL ANGEL CUEVAS OLASCOAGA | Fecha:2021-03-02 09:42:52 | Firmante

35u4SFQUdexvDn4IPb9xDcZHAk1Wz5gjhR0ZrvCp4RD0F6wnlfbShUxed+HYydpvIXP4iT33aU/AqfcpVvc4Xj2D7JisanZbahn6USNWNZQUxgON9PJQeRM71hJkOOuBTsZHQ LZlkWQI1AnqZz39t04GgOqGEzauL2WBHLSDJFdr/rWsHfyQz8bvqBEEJySgF4CG6Cb0l3tjyp2BBViyVWl0mrtFwFWkdo6nFX4pOCs1yhH6FfpJKVtTHJFGukEYyKx0hxXRTCDIrcqfnYyjq07HRxCkwyJlpjQAI92IBslr/qwOdgJ9oy8NMqCDwzHgar7H6DInlcllqUaPw==

FRANCISCO SALVADOR GRANADOS SAUCEDO | Fecha:2021-03-06 20:34:43 | Firmante

jK2R9paZ2NUJykTS8666RjvUzDR/TI96iUJuUg177EJpL0JybFIUn9hfETYeV9q8QUvFVHqtbcpS2cqf0y3TurxYyO2JSDA1f5FcBpMoG6ZWY2TEwAwc15U81SuYhZ7pjU9SQcjlmmRc6+glXPQUJTS0SC7bbXFW73vA4Wk7Jbak2SOIHmfIEI/YX0QTXHp4GrlDJTs6nrefSL73dw+dFP4yEEEdRwJxEgcPTGfdg041eRLBw5JDyybiTLmVreHdq96DjgGfNVnjzYLIWpZCSx6vXnhXG9PmR+vfyHeh0HZBwCyJp3aN4bEMr+2AEIEuk+0+VYVOWbb3G09EfKY/wf8w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



FsUHrj

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/AvqCwkgLmLFkTEAjV16AkT03qVCFNbG2>

