

Análisis y Reforzamiento Estructural Templo de Santo Domingo



UNIVERSIDAD
DEL AZUAY

1 metro
Escala 1:200



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Cuenca - Ecuador





Análisis y Reforzamiento Estructural del Templo de Santo Domingo



UNIVERSIDAD
DEL AZUAY



UDA Civil
CONSULTORÍA TÉCNICA

Casa ■
Editora



Análisis y Reforzamiento Estructural del Templo de Santo Domingo

Evaluación estructural del estado actual del Templo de Santo Domingo, perteneciente al Convento Santísimo Rosario de Cuenca y propuesta técnica inicial de reforzamiento estructural

© del texto: José Vázquez Calero, Felipe Andrade Ambrosi, Carlos García Avalos, Mateo Narváez Vásquez, Mishel Carrión Celi, 2024

© de esta edición: Universidad del Azuay. Casa Editora, 2024

© planos estudio 2008: Fausto Cardoso Martínez

ISBN: 978-9942-645-73-9

e-ISBN: 978-9942-645-74-6

Diseño y diagramación: Fernando León Guerrero

Portada: IERSE, **Contraportada:** Andersson Sanmartín, Departamento de Comunicación de la Universidad del Azuay

Libro arbitrado por pares: Juan Carlos Mafla Villacreses, Pablo Quinde Martínez.

Impresión: PrintLab / Universidad del Azuay
en Cuenca del Ecuador

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin la autorización expresa del titular de los derechos

CONSEJO EDITORIAL / UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Francisco Salgado Arteaga
Rector

Genoveva Malo Toral
Vicerrectora Académica

Raffaella Ansaloni
Vicerrectora de Investigaciones

Toa Tripaldi
Directora de la Casa Editora

ARQUIDIÓCESIS DE CUENCA

Mons. Marcos Pérez Caicedo
Arzobispo

ORDEN DE PREDICADORES - ECUADOR

Fray Armando Villalta Salazar O.P.
Prior Provincia Sta. Catalina de Siena

Fray Jorge Jiménez Jiménez O.P.
Superior Santísimo Rosario de Cuenca

ÍNDICE

1

INTRODUCCIÓN p.11

1.1 Antecedentes	13
1.2 Alcance	16
1.3 Objetivo	16
1.4 Ubicación	16

2

METODOLOGÍA p.19

3

FILOSOFÍA DE DISEÑO p.23

4

SOLICITACIONES p.27

4.1 Normas utilizadas	29
4.2 Cargas	29
4.2.1 Peso propio de la estructura	29
4.2.2 Carga muerta adicional	30
4.2.3 Conjunto de cargas	30
4.2.4 Demanda sísmica	31
4.2.4.1 Peligro sísmico	31
4.2.4.2 Sistema resistente a cargas	32
4.2.4.3 Factor de importancia	32
4.2.4.4 Cortante basal	32
4.3 Combinaciones de carga	33

5

**ESPECIFICACIONES
DE MATERIALES**

p.35

6

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

6.1 Análisis modal

p.39

41

7

DISEÑO

p.45

7.1 Verificación por resistencia última	49
7.1.1 EJE 1	49
7.1.2 EJE 2	55
7.1.3 Cúpulas	59

8

**PRESUPUESTO
REFERENCIAL DE OBRA**

p.65

ANEXO 1

PLANOS DE REFORZAMIENTO
ESTRUCTURAL

p.79

9

CONCLUSIONES

p.71

10

RECOMENDACIONES

p.75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Espadaña del Templo de Santo Domingo	13
Figura 2: Interior del Templo de Santo Domingo	13
Figura 3: Ubicación	17
Figura 4: Nivel de desempeño estructural	25
Figura 5: Espectro de diseño (aceleración tiempo esperado)	31
Figura 6: Modelo de la estructura	41
Figura 7: Modo de vibrar Rz	42
Figura 8: Modo de vibrar Y	42
Figura 9: Modo de vibrar X	43
Figura 10: Resultado por mapa de color del diagrama general de esfuerzo a tracción	47
Figura 11: Resultado por mapa de color del diagrama general de esfuerzo a compresión	48
Figura 12: Distribución espacial del eje I	50
Figura 13: Esquema de reforzamiento interno eje I	51
Figura 14: Esquema de reforzamiento externo eje I	52
Figura 15: Distribución espacial Eje 2	55
Figura 16: Esquema de reforzamiento interno eje 2	56
Figura 17: Esquema de reforzamiento externo eje 2	56
Figura 18: Distribución espacial cúpulas	59
Figura 19: Esquema de reforzamiento externo de las cúpulas	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Peso propio en elementos estructurales	29
Tabla 2: Carga permanente	30
Tabla 4: Conjunto de cargas	30
Tabla 3: Carga permanente en cubierta	30
Tabla 5: Coeficiente sísmico	33
Tabla 6: Cortante basal	33
Tabla 7: Especificaciones de materiales existentes en el templo	37
Tabla 8: Especificaciones de materiales para la rehabilitación estructural	37
Tabla 9: Análisis modal	41
Tabla 10: Características de los materiales y geometría del eje I	50
Tabla 11: Características de los materiales y geometría de la sección compuesta propuesta para el eje I	53
Tabla 12: Comparación del estado actual vs estado posterior al reforzamiento del eje I	54
Tabla 13: Características de los materiales y geometría del eje 2	55
Tabla 14: Características de los materiales y geometría de la sección compuesta propuesta para el eje # 2	57
Tabla 15: Comparación del estado actual vs estado posterior al reforzamiento del eje # 2	58
Tabla 16: Características de los materiales y geometría del eje 2	59
Tabla 17: Características de los materiales y geometría de la sección compuesta propuesta para las cúpulas	61
Tabla 18: Comparación del estado actual vs estado posterior al reforzamiento de las cúpulas	62

1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Basílica de Nuestra Señora del Rosario, más conocida como la Iglesia de Santo Domingo; es la segunda más grande de Cuenca. Su construcción inició a principios del siglo XX. Está ubicada en la parroquia Gil Ramírez Dávalos de la ciudad de Cuenca en la provincia del Azuay – Ecuador.

Santo Domingo es uno de los bienes patrimoniales más importantes de esta ciudad: guarda murales, cuadros y esculturas de gran valor. Algunas de estas obras de arte datan del siglo XVI, así como otras reliquias de carácter religioso.

La edificación, de carácter ecléctico, consta de dos torres en su espadaña de 40 m. de altura, con un estilo neoclásico. Su construcción se constituye de ladrillo artesanal, tumbados de latón, techos de teja artesanal y pisos de madera, en su mayoría y posee algunas columnas marmoleadas. Estas características constructivas la convierten en una edificación patrimonial, única.



Figura 1: Espadaña del Templo de Santo Domingo
Fuente: Andersson Sanmartín, Departamento de Comunicación de la Universidad del Azuay



Figura 2: Interior del Templo de Santo Domingo
Fuente: Andersson Sanmartín, Departamento de Comunicación de la Universidad del Azuay

El 18 de marzo de 2023 se produjo un terremoto de profundidad intermedia, movimiento sísmico ocurrido a las 12:12 hora local, que afectó la zona sur de Ecuador, localizado frente a la costa de Balao en la provincia de El Oro, cuyo epicentro tuvo lugar en las coordenadas 2°51'04" S - 79°48' 00" O, 80 Km al sur de la ciudad de Guayaquil, con una profundidad de 68 km, cuya magnitud fue de 6,8 Mw¹ (magnitud de momento), causando daños importantes y severos en las provincias ecuatorianas de Azuay, El Oro y Guayas y en la parte norte del Perú, dejando un saldo de 18 muertos y 495 personas heridas, además de cuantiosos daños materiales en casas y edificios de las zonas afectadas. Tal es el caso del colapso de 96 casas y 318 edificaciones dañadas, entre casas, escuelas, instalaciones de salud, así como la afectación de la estructura de un puente.

El sismo tuvo una magnitud de 6,8 Mw y una escala de intensidad MMI² (escala de intensidad de Mercalli modificada) máxima de VII (muy fuerte). Según el servicio geológico de Estados Unidos, se sintió en 14 de las 24 provincias del Ecuador.

En la ciudad de Cuenca, en particular, murieron dos personas y otras dos resultaron heridas. Dos casas fueron destruidas y muchas otras edificaciones resultaron afectadas con daños entre leves y severos, tal es el caso de la iglesia de Santo Domingo, perteneciente al Convento del Santísimo Rosario.

Producto de este fenómeno natural, la iglesia de Santo Domingo presentó afecciones en su estructura soportante, desplomes, fisuras en muros, arcos y campanarios mayores a 3 mm, considerados daños de inmediata intervención. Al tratarse de una obra patrimonial el costo es invaluable y su preservación debería ser de carácter urgente, el buen uso del convento y el templo religioso combina lo arquitectónico y urbano con el resto del centro histórico de la ciudad de Cuenca.

La Dirección de Áreas Históricas del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca, emite un informe el 18 de abril de 2023, en el que da cuenta de afectaciones que van desde graves a muy graves en los elementos estructurales del templo.

De acuerdo al análisis estructural, toda edificación tiene un sistema soportante que se identifica como estructura y otros sistemas no estructurales, tales como divisiones, instalaciones y acabados. En el presente caso de estudio de la iglesia de Santo Domingo, uno de los sistemas soportantes son los muros de albañilería, realizados en mampostería de ladrillo artesanal de espesores diversos, principalmente armados con morteros de cal, que forman una bóveda auto soportada con arcos que trabajan exclusivamente a compresión; que no es más que el comportamiento de los materiales y elementos de construcción para resistir cargas aplicadas que procuran reducir su volumen, agrietarle y romperle. En este tipo de edificaciones, desde la antigüedad se utilizaron los arcos para resistir este tipo de acciones; sin embargo, se conoce que el sistema no responde de buena forma ante acciones sísmicas y dinámicas; debido a que los muros de albañilería tienen baja ductilidad y resultan vulnerables a este tipo de fuerzas.

¹ MW: Escala sismológica de magnitud de momento. Escala logarítmica usada para medir y comparar terremotos. Está basada en la energía total que se libera en un sismo. (Thomas Hanks y Hiroo Kanamori 1979)

² MMI: Mide la intensidad del movimiento del suelo, desde la perspectiva de las personas y la respuesta de las estructuras en una escala que va de 1 (no sentido) a 10 (daños muy fuertes) o en algunos casos excepcionales 12 (destrucción total).

Ante esta realidad, la administración del convento de Santo Domingo, en la persona de Fray Gonzalo Suárez Carvajal, solicita al rector de la Universidad del Azuay, Prof. Francisco Salgado A., la inspección, evaluación y propuesta inicial de reforzamiento del templo afectado después del sismo del 18 de marzo de 2023. Es así que se suscribe un convenio de cooperación entre las dos entidades, para sumar esfuerzos y obtener una primera herramienta de gestión con un solo objetivo: recuperar y preservar la iglesia de Santo Domingo y su convento del Santísimo Rosario. Este trabajo se le encarga al departamento de Consultoría Técnica de la Universidad del Azuay, UDA Civil, para que realice una primera evaluación, análisis y propuesta de reforzamiento de la edificación de la iglesia de Santo Domingo.

³ Fausto Cardoso Martínez, Director de la Consultoría para los estudios de restauración del Complejo Arquitectónico de Santo Domingo de Cuenca, año 2008.

La información de base con la que se genera la investigación técnica fue entregada por las autoridades del convento, información relacionada con un estudio arquitectónico realizado por el consultor en áreas patrimoniales Arq. Fausto Cardoso Martínez en 2008³.

En la inspección visual realizada por el equipo técnico de la Universidad del Azuay, se pudo determinar el desplome de algunos elementos estructurales ante lo cual se establece necesario realizar ensayos no destructivos o mínimamente invasivos, como toma de muestras y extracción de núcleos de muros portantes, que posteriormente fueron analizados en el laboratorio de materiales de construcción de la Escuela de Ingeniería Civil de la UDA.

De igual manera, se pudo revisar otra información proporcionada por los directivos del convento, obtenida de estudios realizados anteriormente, por la municipalidad de Cuenca, de donde se desprende que es necesario completar estudios de Geotecnia de detalle, que nos permita identificar la calidad de suelo donde se funda la construcción del templo de Santo Domingo. Este estudio cobra mayor importancia, cuando se ve que es necesario conocer el comportamiento de dicho suelo ante la presencia de ondas sísmicas, registrar los movimientos y vibraciones mecánicas del subsuelo, que luego son transmitidas a la estructura de la edificación. A este respecto, uno de los actores nuevos que han hecho presencia en el último tiempo, es la construcción y puesta en marcha del tranvía de la ciudad de Cuenca que circula por la calle Gran Colombia, aledaña a la iglesia de Santo Domingo. Para este propósito es necesario aplicar la instrumentación ambiental respectiva, con el objeto de contar con la información que permita considerarlo dentro de las posibles causas externas que afectarían la estabilidad estructural de la edificación.

Estas y otras acciones de medida y control deberán ser ejecutadas previo a la ejecución de este proyecto, con el propósito de contar con la mayor información posible que permita tener un estudio más profundo del estado estructural del templo y la posible mitigación de aquellas causas que eventualmente lo afecten.

El análisis estructural de la edificación se realizó mediante el uso de un software especializado, con licencia autorizada de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay. A pesar de las limitaciones de la línea base, los resultados obtenidos en el modelo computacional fueron acordes al comportamiento de la edificación en la realidad; presentando concentraciones de esfuerzos en puntos críticos de arcos, columnas de mampostería y torres de los campanarios.

En virtud de lo expuesto, este proyecto preliminar de reforzamiento de la Iglesia de Santo Domingo, perteneciente al convento del Santísimo Rosario de la ciudad de Cuenca, es una primera herramienta de gestión del riesgo y considerando que se convive con la amenaza sísmica permanente, lo que se puede plantear es una propuesta técnica para disminuir la vulnerabilidad de la edificación.

El centro histórico de la ciudad de Cuenca fue declarado patrimonio cultural de la humanidad el 1 de diciembre 1999, que más que un reconocimiento cultural, representa un compromiso para los ciudadanos, con el buen uso y conservación de sus obras urbanas icónicas-patrimoniales ubicadas en un entorno único. De allí la importancia de motivar la intervención de entidades locales, nacionales e internacionales, así como de la universidad en la búsqueda de su conservación.

Es importante destacar que, para la conservación de la edificación del templo de Santo Domingo, emblema patrimonial de la ciudad de Cuenca, se deben desarrollar varios estudios complementarios, con el fin de obtener un plan de rehabilitación integral que incluya no solamente la parte estructural, sino también su arquitectura patrimonial y la herencia histórica, entre otros valores.

Los lineamientos indicados en el presente documento, corresponden únicamente al desarrollo del estudio del área estructural.

De la misma manera, y con el fin de reducir la incertidumbre del análisis estructural, se deberán realizar ensayos de mecánica de suelos en cimentación, estudios de peligro sísmico de la zona de implantación, ensayos de vibración ambiental y ensayos destructivos en muretes que conforman la estructura del templo.

El informe presentado es de carácter inicial y debe ser complementado, una vez que se cuenten con los recursos económicos necesarios para realizar los estudios mencionados.

1.2 Alcance

Realizar el análisis, evaluación y reforzamiento estructural del proyecto, en función de los parámetros establecidos por la norma vigente y bibliografía existente para el tipo de estructura en estudio.

1.3 Objetivo

Conservar el bien patrimonial, y como tema central preservar el área estructural, para garantizar la permanencia del monumento histórico y su conjunto, así como continuar con su uso de carácter social y religioso.

1.4 Ubicación

La estructura se encuentra ubicada en el centro histórico de la ciudad de Cuenca-Provincia del Azuay al sur del Ecuador, en la calle Gran Colombia, entre General Torres y Padre Aguirre.



- CALLE GENERAL TORRES —
- CALLE PADRE AGUIRRE —
- CALLE GRAN COLOMBIA —
- IGLESIA SANTO DOMINGO —

Figura 3: Ubicación
Fuente: Google Earth

2

METODOLOGÍA

Para realizar el estudio de la edificación, se ha dividido el proceso en tres etapas:

- Evaluación,
- Análisis, y
- Reforzamiento estructural.

En la primera etapa (evaluación) se procede a levantar la información base. Este fundamento permite definir las cargas actuantes, el estado de los muros y tipos de materiales, se evalúa los elementos estructurales para las consideraciones iniciales del modelo, utilizando el levantamiento arquitectónico proporcionado por las autoridades del templo y otros documentos conexos.

En la segunda etapa, mediante el análisis computacional de un modelo digital se determina el cumplimiento de la estructura frente a estados de resistencia y servicio, determinando los esfuerzos actuantes, y mediante el análisis estructural se establecen las áreas donde se supera la capacidad de resistencia de los elementos.

Finalmente, en la tercera etapa (reforzamiento estructural) se establecen las secciones, diámetros, ubicaciones y las estructuras de refuerzo requeridas, y se verifica la comprobación del modelo reforzado.

3

FILOSOFÍA DE DISEÑO

De acuerdo a las recomendaciones de la NEC-15 la estructura debe diseñarse garantizando el nivel de "Seguridad de Vida". Teniendo el sismo un periodo de retorno de 1000 años.

Se debe considerar que el punto de desempeño correspondiente a "Seguridad de Vida" exige reparaciones y rehabilitación estructural luego un evento sísmico.

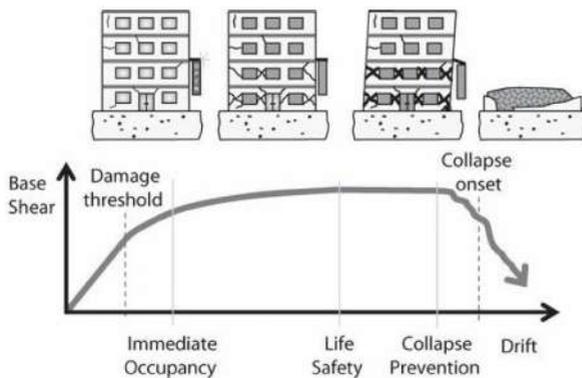


Figura 4: Nivel de desempeño estructural

Fuente: *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings*, Jack Moehle

4

SOLICITACIONES

4.1 Normas utilizadas

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE,2015)
- Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary
- Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE 7-22)
- Specification for Structural Steel Buildings (AISC-360-16)
- Seismic Provision for structural steel buildings (AISC 341-16)
- Prestandard and Commentary for the seismic rehabilitation of Buildings (FEMA-356)

4.2 Cargas

4.2.1 Peso propio de la estructura

El peso por volumen de materiales utilizados para conformar la estructura son los especificados por la norma NEC-SE-CG como se indica a continuación.

Peso propio de la estructura	
Descripción	Peso unitario [kg/m3]
Hormigón armado	2400
Mampostería de ladrillo	1800
Acero estructural	7850
Agua	1000

Tabla 1: Peso propio en elementos estructurales

Fuente: NEC- SE-CG

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

4.2.2 Carga muerta adicional

Esta contempla las paredes, recubrimientos, instalaciones, acabados, entre otros.

Carga permanente en entrepiso	
Descripción	CM [Kg/m ²]
Cielo raso	50
Instalaciones	30
Entrepiso de madera	20
Otros	200
Total, carga muerta	300

Tabla 2: Carga permanente

Fuente: NEC- SE-CG

Elaboración: Departamento de Consultoría

Técnica - UDA Civil

Carga permanente en cubierta	
Descripción	CM [Kg/m ²]
Teja de barro cocido sin mortero	50
Instalaciones	20
Otros	80
Total, carga muerta	150

Tabla 3: Carga permanente en cubierta

Fuente: NEC- SE-CG

Elaboración: Departamento de Consultoría

Técnica - UDA Civil

4.2.3 Conjunto de cargas

El conjunto de carga muerta, viva se expresan según la ocupación como se indica en la Tabla 4.

Conjunto de cargas			
Nivel	Uso	CM [kg/m ²]	CV [kg/m ²]
N + 4.79	Entrepiso	300	500
N + 7.85	Cubierta inaccesible	150	100
N + 14.65	Cubierta inaccesible	150	100

Tabla 4: Conjunto de cargas

Fuente: NEC- SE-CG

Elaboración: Departamento de Consultoría

Técnica - UDA Civil

4.2.4 Demanda sísmica

De manera consecuente se debe determinar la acción sísmica que actuaría sobre las diferentes estructuras, para lo cual se ha realizado un análisis de carga estática equivalente. Como premisa, se requiere definir el espectro de diseño, es decir la consideración de como actuará el sismo en el lugar donde está construida la edificación, en función del tipo de suelo del lugar, la geometría de la estructura, la zona sísmica y los parámetros de sitio, entre otros. Finalmente, se debe modificar la fuerza sísmica en función de la importancia de la estructura, el tipo de construcción y la materialidad empleada.

4.2.4.1 Peligro sísmico

Para definir la demanda sísmica de la estructura se debe considerar la ubicación geográfica del proyecto, como se recomienda en el mapa de riesgo sísmico de la NEC-15. Se consideran todos los parámetros requeridos en la norma, y se procede con el análisis estructural de la edificación, en un software especializado.

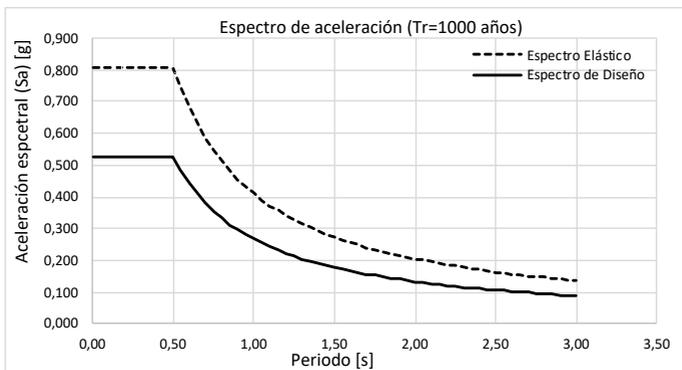


Figura 5: Espectro de diseño (aceleración tiempo esperado)

Fuente: NEC-15

4.2.4.2 Sistema resistente a cargas

Se considera un sistema formado por mampostería no reforzada con un factor de reducción de respuesta R igual a 2, según lo recomienda Patricio Placencia Andrade⁴ en el **“Estudio de vulnerabilidad estructural de las torres de los campanarios de la iglesia San Francisco de Quito, ubicada en el centro histórico.”** (Núñez & Narváez, 2019)

Por otro lado, el sistema resistente a cargas verticales lo conforman los muros de mampostería portante porticados, con entrepisos armados con vigas de madera.

4.2.4.3 Factor de importancia

La edificación se define como “Estructuras de ocupación especial” según lo indica la norma NEC-15, correspondiente a un factor de importancia $I=1.3$

4.2.4.4 Cortante basal

Finalmente se obtiene el cortante basal estático, siguiendo los lineamientos de la norma NEC-15. Se puede decir entonces que es la intensidad fuerza que impactaría a la estructura de la iglesia, generada por un sismo esperado.

$$v = \frac{I * Sa(Ta)}{R * \phi * P * \phi E} * W$$

⁴ Patricio Placencia Andrade: Miembro del equipo encargado del desarrollo de la NEC 15, de los apartados de mampostería y rehabilitación, en representación de la Escuela Politécnica Nacional. Consultor de múltiples proyectos de reforzamiento y rehabilitación de mampostería estructural.

Sistema estructural y coeficiente sísmico

Mampostería no reforzada y no confinada		Sistema resistente a cargas laterales	
R	2		Factor de reducción espectral
I	1.3	[-]	Factor de importancia
Øp	1	[-]	Coefficiente de regularidad en planta
Øe	1	[-]	Coefficiente de regularidad en elevación
% CV	10	[%]	Porcentaje de carga viva que aporta como peso sísmico
Cd	1.5	[-]	Coefficiente de amplificación de deformaciones = 0.75xR
PSA	0.81	[g]	Aceleración espectral
Cs	0.52	[%]	Coefficiente sísmico

Tabla 5: Coeficiente sísmico

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Cortante Basal

Estático (ELF)			
Cs	0.52	[-]	Coefficiente sísmico
W	13512	[Ton]	Masa sísmica
VBst	7078.93	[Ton]	Cortante basal estático

Tabla 6: Cortante basal

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

4.3 Combinaciones de carga

El estudio estructural conlleva a consideraciones de cargas actuantes y factores de mayoración. En este contexto, los elementos estructurales fueron analizados, evaluados y diseñados verificando las condiciones de resistencia y servicio especificadas por la norma. Se utilizó un diseño a resistencia última.

5

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

Para el análisis estructural, se utilizan los siguientes parámetros:

Especificaciones técnicas de materiales existentes en el templo

Material	Descripción
Mampostería de ladrillo	$f'm = 70 \text{ kg/cm}^2$, $E_m = 750 * f'm$

Tabla 7: Especificaciones de materiales existentes en el templo
 Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Especificaciones técnicas de materiales para rehabilitación inicial

Material	Descripción
Hormigón en superestructura	$f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, $E_c = 15100 * (f'c)^{1/2}$
Acero de refuerzo	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ / Grado 60 / Corrugado
Acero en placas de anclaje	$F_y = 3500 \text{ kg/cm}^2$ / Grado 50 Ksi / A572
Pernos de anclaje	A 325 / 60 Ksi

Tabla 8: Especificaciones de materiales para la rehabilitación estructural
 Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

6

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el análisis estructural del proyecto se optó por la realización de un modelo tridimensional idealizado a través del método de elementos finitos. Al modelar la estructura de esta forma, se tiene la ventaja de obtener de manera precisa la interacción de los diferentes elementos estructurales.

Para el análisis se han considerado a las secciones de mampostería con su inercia agrietada equivalente al 0.9 de la inercia del elemento, debido a que estos elementos no se agotarán a flexión.

De igual manera, para el modelo dinámico de la estructura no se considera la rigidez aportada por aquellos elementos que no son parte del sistema resistente a cargas laterales, tal como la losa y las escaleras. Estos elementos serán evaluados y diseñados solo para cargas gravitatorias.

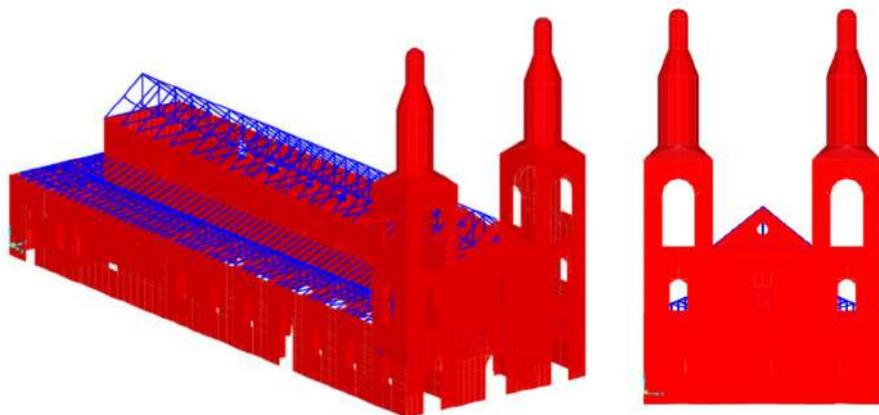


Figura 6: Modelo de la estructura
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

6.1 Análisis modal

Como premisa del análisis modal se debe realizar luego de realizar el análisis del modelo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Modo	Periodo seg	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Rz	0,27	0,00	0,13	0,00	0,19	0,14	0,00	0,27	0,00	0,16	0,29	0,05	0,16
Y	0,15	0,00	0,23	0,00	0,19	0,55	0,00	0,01	0,00	0,02	0,32	0,05	0,30
X	0,15	0,21	0,00	0,00	0,41	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,06	0,30

Tabla 9: Análisis modal
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

A continuación, se observa el modo fundamental traslacional. De igual manera, se utilizan modos suficientes para alcanzar más del 90% de la masa movilizada en el análisis, según lo demanda la norma.

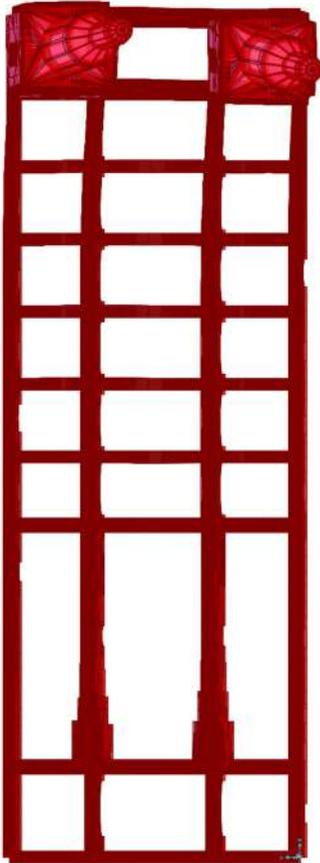


Figura 7: Modo de vibrar Rz
Elaboración: Departamento de Consultoría
Técnica - UDA Civil

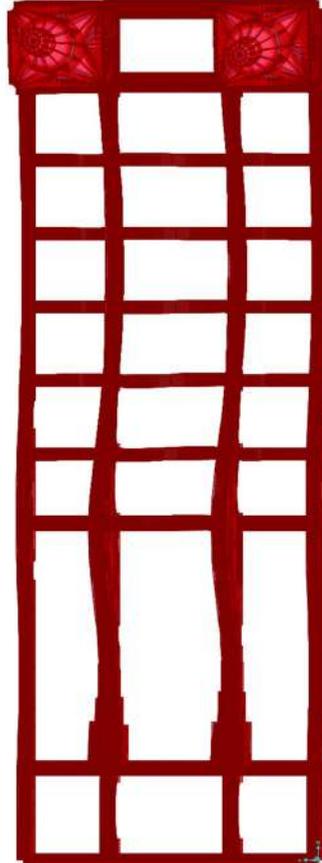
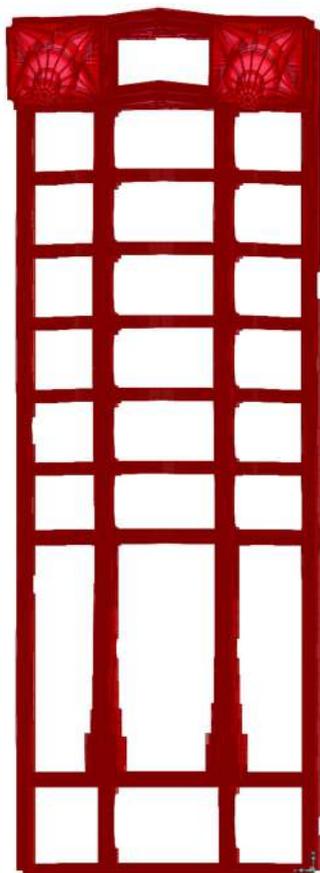


Figura 8: Modo de vibrar Y
Elaboración: Departamento de Consultoría
Técnica - UDA Civil



*Figura 9: Modo de vibrar X
Elaboración: Departamento de Consultoría
Técnica - UDA Civil*

7

DISEÑO

Una vez definida la configuración estructural de la edificación, se procede a realizar un análisis por resistencia en función de las cargas establecidas. Se verifica el diseño de las secciones mediante un software especializado, y se corrobora la información en hojas de cálculo de elaboración propia.

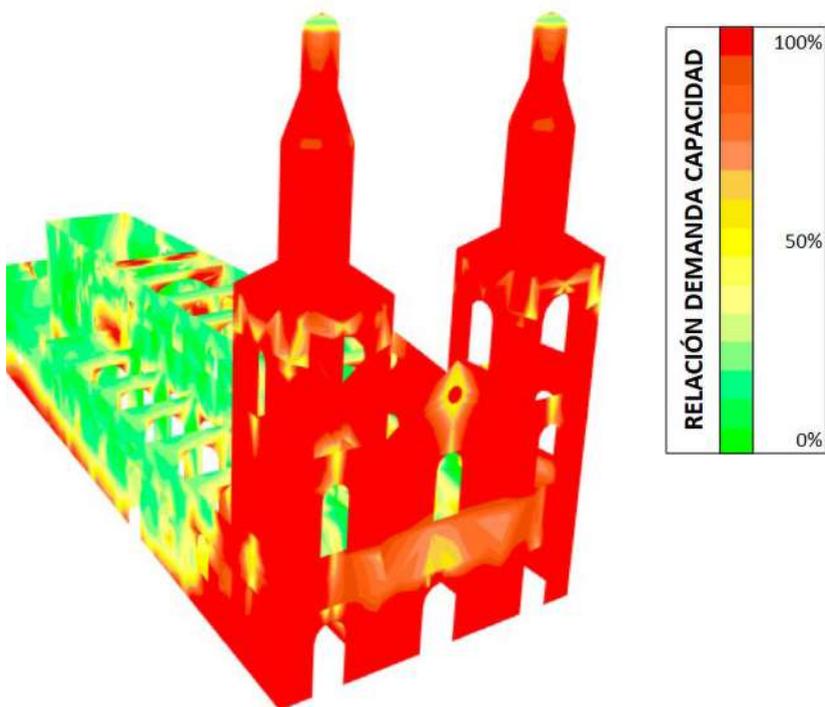


Figura 10: Resultado por mapa de color del diagrama general de esfuerzo a tracción
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

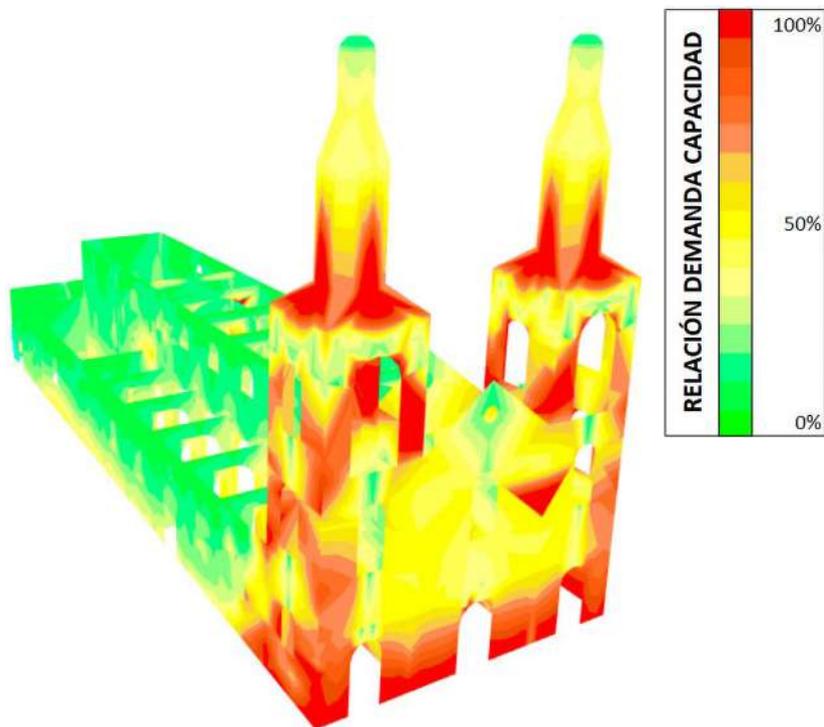


Figura 11: Resultado por mapa de color del diagrama general de esfuerzo a compresión
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

7.1 Verificación por resistencia última

Con los esfuerzos máximos generados a través de las distintas combinaciones de carga se procede a realizar la verificación del diseño por resistencia última (Load and Resistance Factor Design, LRFD).

En este capítulo, se muestra gráficamente la comparativa entre el estado actual y el esperado, posterior a la implementación del reforzamiento. A continuación, se indican los resultados obtenidos en los ejes más representativos, junto con la propuesta de reforzamiento planteado para estos elementos estructurales.

7.1.1 EJE I

Se asume como primera opción el uso de micropilotes y tensores anclados internos en los muros de mampostería, para mejorar la resistencia y la ductilidad del sistema portante. Cabe indicar que el procedimiento de instalación de tensores internos anclados en mamposterías portantes, ya ha sido utilizado y probado en obras patrimoniales similares alrededor del mundo y dentro de nuestro país. Tal es el caso de la recuperación del **"Teatro León"** de la ciudad de Riobamba (2020), cuya rehabilitación de acuerdo con la versión de José Vázquez Calero, asesor estructural de esa obra: *"cuenta con un sistema de muros portantes en piedra tallada de cangahua volcánica, que tenía la particularidad que el anclaje especificaba el uso de mortero hidráulico de alta resistencia. Sin embargo, al contacto con el agua la piedra perdía propiedades mecánicas de anclaje y fue necesario la utilización de epóxicos expansivos, cumpliendo así, el encamisado del núcleo de muro central con estas tecnologías. El objetivo fue cumplido y se mejoró la ductilidad de sistema portante, con micropilotes, encamisado y mantos de fibra de carbono"*.

Se conoce además la experiencia similar en el edificio patrimonial del templo de **"San Francisco de Quito"**, del uso de micropilotes y anclajes."

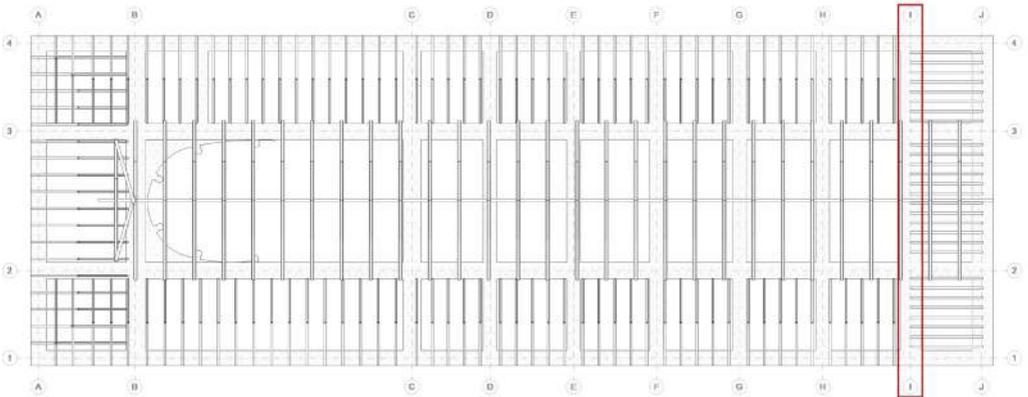


Figura 12: Distribución espacial del eje I

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Características de los materiales

f'_m	70,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión de la mampostería
E_m	52.500,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la mampostería
G_m	21.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de cortante de la mampostería
b	100,00	[cm]	Longitud de mampostería analizada
t	160,00	[cm]	Espesor de la mampostería
h	23,36	[m]	Altura efectiva del elemento
A_e	16.000,00	[cm ²]	Área efectiva de la sección de mampostería

Tabla 10: Características de los materiales y geometría del eje I

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

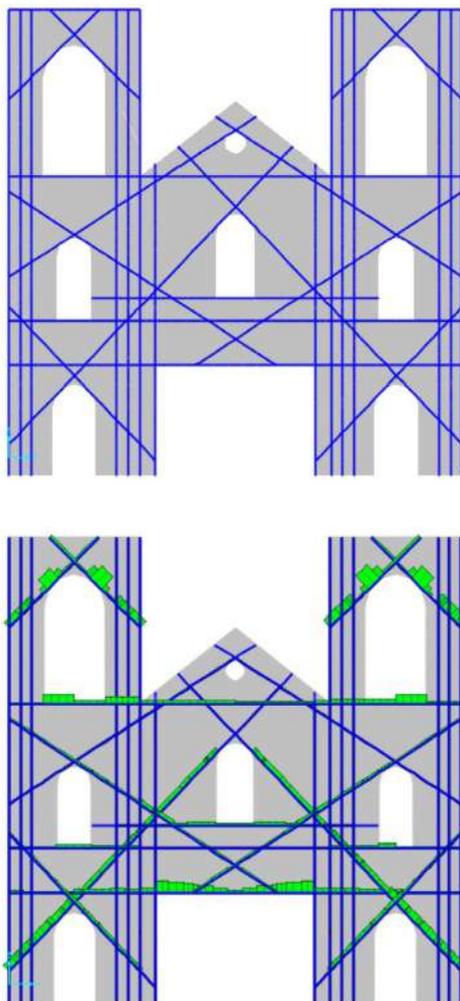


Figura 13: Esquema de reforzamiento interno eje I
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Por otro lado, otras técnicas de reforzamiento y mejoramiento de la demanda sísmica en obras patrimoniales hacen relación al encamisado de muros portantes con hormigón armado, con mallas, vinculados a las paredes existentes mediante un sistema de anclaje de pines, mejorando de manera sustancial la ductilidad de los muros (comportamiento ante acciones sísmicas), procedimiento investigado y recomendado por Patricio Placencia Andrade, anteriormente citado en este documento.

La propuesta del encamisado, incluye además la utilización de un manto de carbono, una técnica novedosa en el reforzamiento de muros portantes que aporta resistencia y funcionalidad en la instalación y se acomoda a la geometría de los elementos estructurales. Al respecto existe una especificación técnica desarrollada para el montaje e instalación del manto de carbono, cuyo detalle consta en la norma norteamericana ACI 440.2R

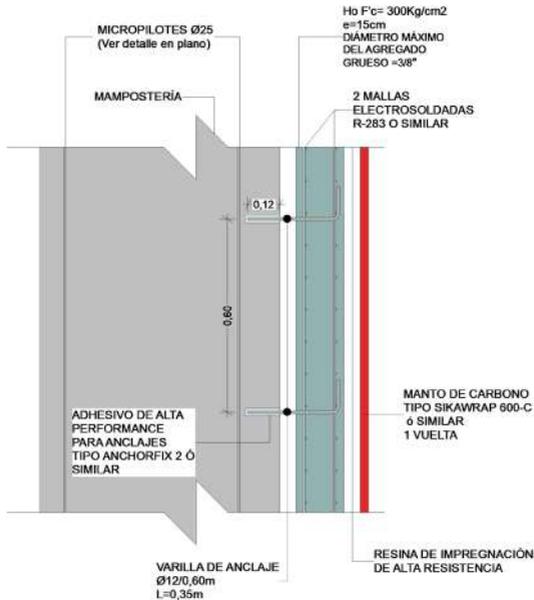


Figura 14: Esquema de reforzamiento externo eje I
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Características de los materiales de la sección compuesta

$f'm$	70,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión de la mampostería
E_m	52.500,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la mampostería
G_m	21.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de cortante de la mampostería
b	100,00	[cm]	Longitud de mampostería analizada
t	160,00	[cm]	Espesor de la mampostería
h	23,36	[m]	Altura efectiva del elemento
A_e	16.000,00	[cm ²]	Área efectiva de la sección de mampostería
$f'c$	300,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión del hormigón
E_c	261.539,67	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad del hormigón
e	15,00	[cm]	Espesor de la capa de hormigón
f_r	270,00	[kgf/cm]	Resistencia a la tracción
E_r	2.420.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la Fibra
e_r	1,40	[mm]	Espesor de la capa de fibra de carbono

Tabla 11: Características de los materiales y geometría de la sección compuesta propuesta para el eje I
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

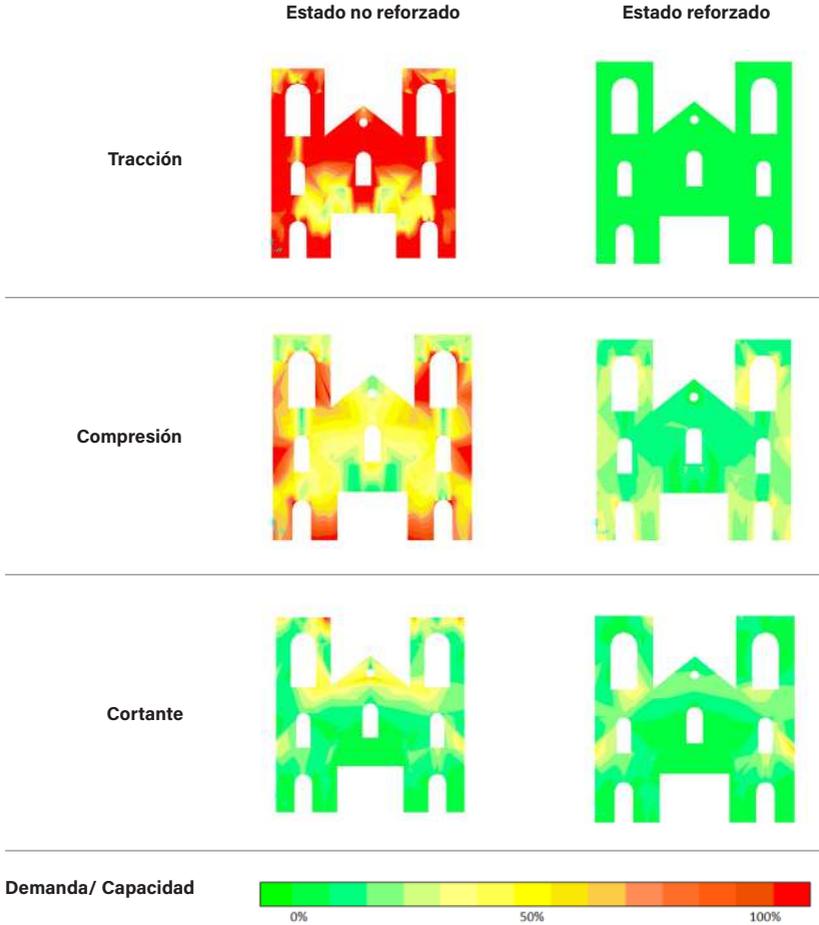


Tabla 12: Comparación del estado actual vs estado posterior al reforzamiento del eje I
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

7.1.2 EJE 2

En este eje se implementan las mismas técnicas de reforzamiento, obteniendo los siguientes resultados:

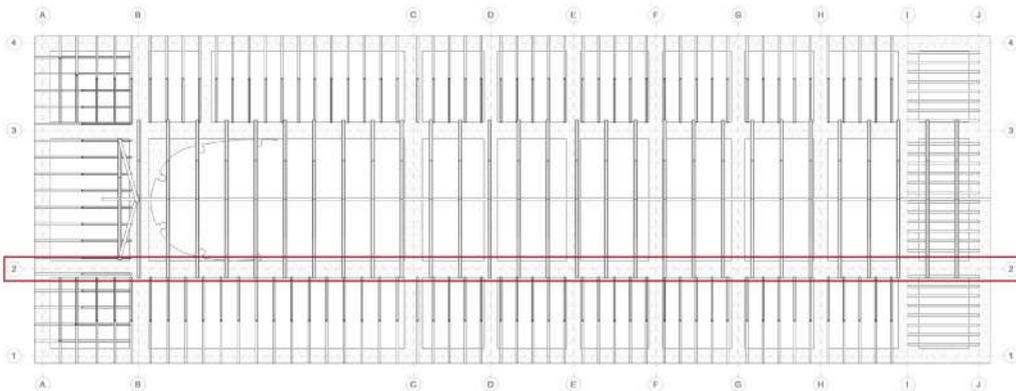


Figura 15: Distribución espacial Eje 2

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Características de los materiales

f'_m	70,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión de la mampostería
E_m	52.500,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la mampostería
G_m	21.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de cortante de la mampostería
b	100,00	[cm]	Longitud de mampostería analizada
t	120,00	[cm]	Espesor de la mampostería
h	23,36	[m]	Altura efectiva del elemento
A_e	12.000,00	[cm ²]	Área efectiva de la sección de mampostería

Tabla 13: Características de los materiales y geometría del eje 2

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

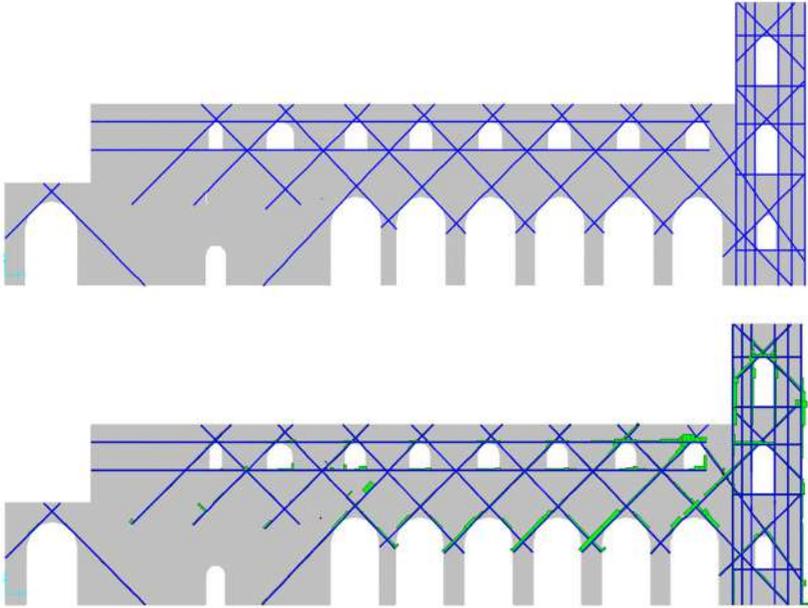


Figura 16: Esquema de reforzamiento interno eje 2
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

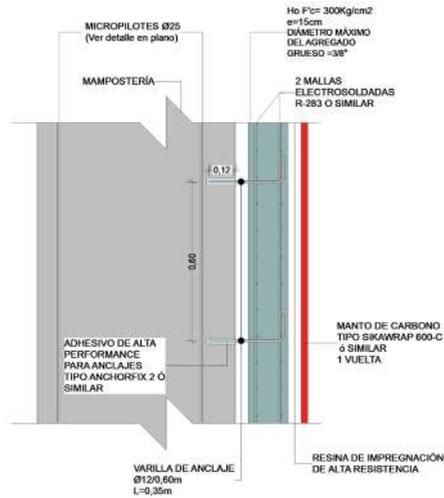


Figura 17: Esquema de reforzamiento externo eje 2
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Características de los materiales de la sección compuesta

f'm	70,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión de la mampostería
Em	52.500,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la mampostería
Gm	21.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de cortante de la mampostería
b	100,00	[cm]	Longitud de mampostería analizada
t	120,00	[cm]	Espesor de la mampostería
h	23,36	[m]	Altura efectiva del elemento
Ae	12.000,00	[cm ²]	Área efectiva de la sección de mampostería
f'c	300,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión del hormigón
Ec	261.539,67	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad del hormigón
e	15,00	[cm]	Espesor de la capa de hormigón
fr	270,00	[kgf/cm]	Resistencia a la tracción
Er	2.420.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la Fibra
er	1,40	[mm]	Espesor de la capa de fibra de carbono

Tabla 14: Características de los materiales y geometría de la sección compuesta propuesta para el eje # 2
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

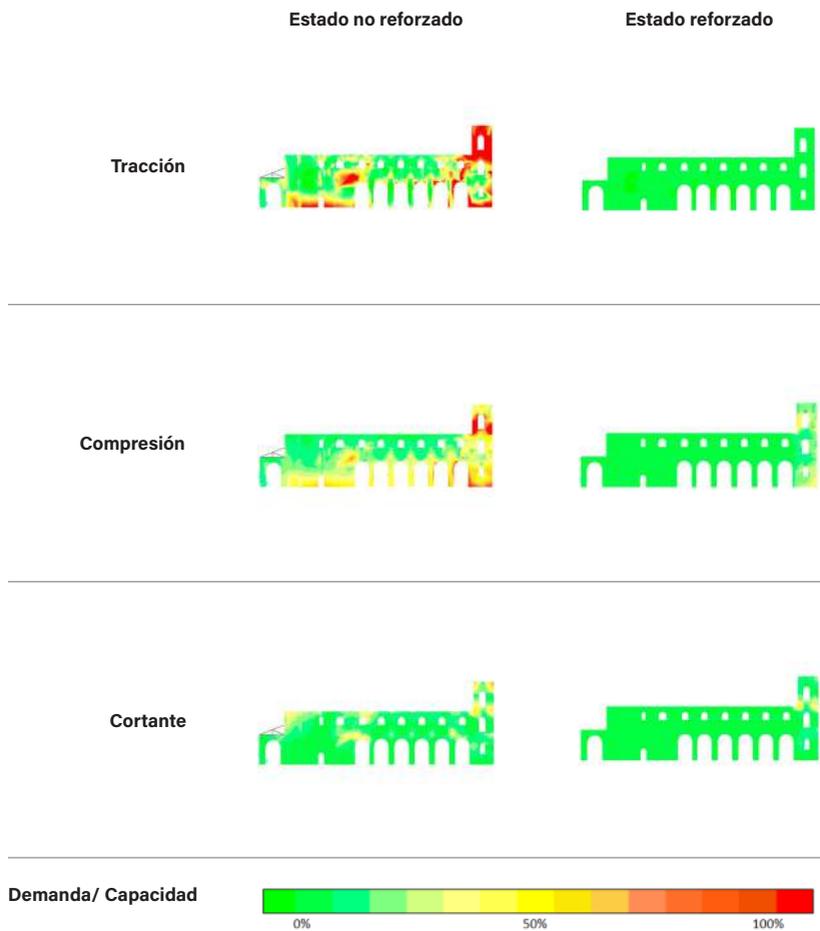


Tabla 15: Comparación del estado actual vs estado posterior al reforzamiento del eje # 2
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

7.1.3 Cúpulas

En lo relacionado a los campanarios, se aplica el mismo análisis del modelo y la demanda de esfuerzo propone un encamisado con hormigón armado y un revestimiento con manto de carbono, para mejorar la ductilidad de estos elementos estructurales.

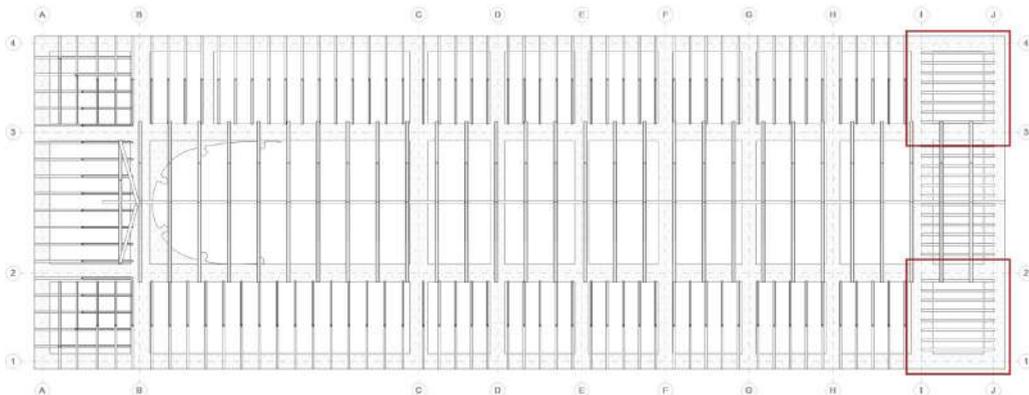


Figura 18: Distribución espacial cúpulas

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Características de los materiales

$f'm$	70,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión de la mampostería
E_m	52.500,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la mampostería
G_m	21.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de cortante de la mampostería
b	100,00	[cm]	Longitud de mampostería analizada
t	30,00	[cm]	Espesor de la mampostería
h	6,72	[m]	Altura efectiva del elemento
A_e	3.000,00	[cm ²]	Área efectiva de la sección de mampostería

Tabla 16: Características de los materiales y geometría del eje 2

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

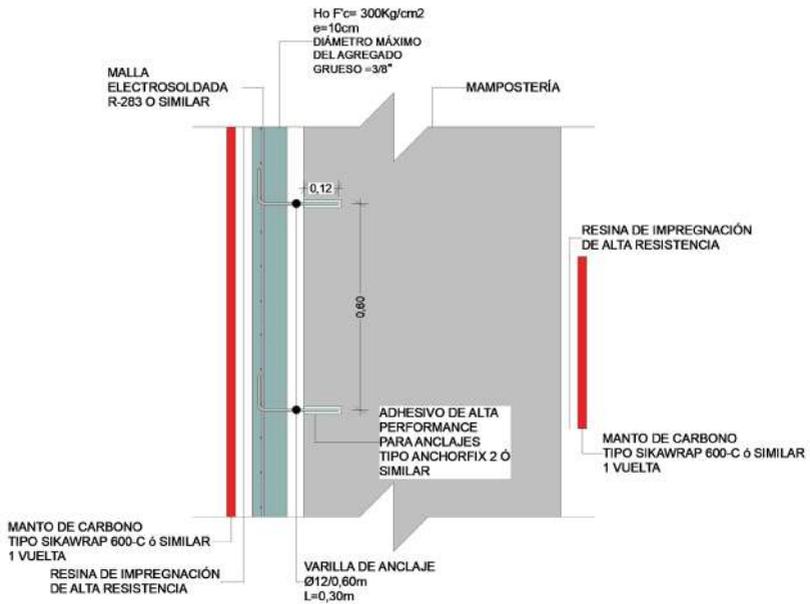


Figura 19: Esquema de reforzamiento externo de las cúpulas
Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

Características de los materiales de la sección compuesta

f'm	70,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión de la mampostería
Em	52.500,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la mampostería
Gm	21.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de cortante de la mampostería
b	100,00	[cm]	Longitud de mampostería analizada
t	30,00	[cm]	Espesor de la mampostería
h	6,72	[m]	Altura efectiva del elemento
Ae	3.000,00	[cm ²]	Área efectiva de la sección de mampostería
f'c	300,00	[kgf/cm ²]	Resistencia a la compresión del hormigón
Ec	261.539,67	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad del hormigón
e	10,00	[cm]	Espesor de la capa de hormigón
fr	270,00	[kgf/cm]	Resistencia a la tracción
Er	2.420.000,00	[kgf/cm ²]	Módulo de elasticidad de la Fibra
er	1,40	[mm]	Espesor de la capa de fibra de carbono

Tabla 17: Características de los materiales y geometría de la sección compuesta propuesta para las cúpulas

Elaboración: Departamento de Consultoría Técnica - UDA Civil

8

**PRESUPUESTO REFERENCIAL DE
OBRA, CONSIDERANDO ÚNICAMENTE
EL COMPONENTE DE INGENIERÍA
ESTRUCTURAL**

El presupuesto referencial que se presenta a continuación, corresponde a la propuesta analizada; es decir, el análisis del componente de ingeniería estructural. Sin embargo, la intervención derivará en impactos colaterales en los elementos patrimoniales con los que cuenta la iglesia, deberán ser cuantificados y valorados por expertos del área, por lo que se recomienda que, el momento de su ejecución se cuente con un equipo multidisciplinario de técnicos que supervisen/asesoren la ejecución de los trabajos de recuperación de la edificación, cuyo costo no ha sido considerado en el presente presupuesto.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL TEMPLO DE SANTO DOMINGO PERTENECIENTE AL CONVENTO SANTÍSIMO ROSARIO DE CUENCA

Nota: El contratante deberá establecer una ingeniería de valor, previo a elaborar el presupuesto detallado de la obra, incluyendo el análisis de precios unitarios.

Ubicación: Cuenca - Ecuador

Proyecto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL ESTADO ACTUAL DEL TEMPLO DE SANTO DOMINGO, PERTENECIENTE AL CONVENTO SANTÍSIMO ROSARIO DE CUENCA Y PROPUESTA TÉCNICA INICIAL DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

PRESUPUESTO REFERENCIAL

Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		OBRAS PRELIMINARES				\$ 23.128,38
1.1	504001	Replanteo, nivelación y comprobación con equipo topográfico	m2	1.802,88	\$ 3,76	\$ 6.778,83
1.2	501025	Bodega para almacenamiento temporal	m2	110,00	\$ 46,40	\$ 5.104,00
1.3	501033	Desentejado e inventariado	m2	1.979,85	\$ 5,68	\$ 11.245,55
2		REFORZAMIENTO EN MUROS				\$ 3.215.795,92
2.1	542001	Perforación con maquina perforadora diamantada rotacional con sistema de aire	m	11.386,68	\$ 54,98	\$ 626.039,67
2.2	512003	Suministro, fabricación y montaje de acero estructural ASTM – Gr50	kg	1.851,34	\$ 3,02	\$ 5.591,05
2.3	512009	Suministro e instalación de arandela plana de acero estructural	u	704,00	\$ 1,09	\$ 767,36
2.4	512010	Suministro e instalación de tuerca estructural galvanizada	u	704,00	\$ 3,23	\$ 2.273,92
2.5	513004	Suministro e instalación de tensor/varilla Ø=25 mm, Fy= 4200 kg/cm2	m	11.386,68	\$ 11,17	\$ 127.189,22
2.6	542002	Suministro y colocación de resina epóxica para anclaje estructural	m3	20,96	\$ 114.991,80	\$ 2.410.228,13
2.7	500089	Monitoreo por zonas, continuo de desplazamientos en muros y paredes durante el proceso de perforación	m2	8.203,91	\$ 5,10	\$ 41.839,94
2.8	500090	Suministro de mortero 1:3	m3	13,09	\$ 142,60	\$ 1.866,63

3		REFORZAMIENTO DE CÚPULAS					\$ 538.313,68
3.1	505009	Perforación para pinado con rotomartillo manual	u	11.760,00	\$ 1,85		\$ 21.756,00
3.2	513001	Suministro e instalación de acero de refuerzo $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	2.897,14	\$ 2,36		\$ 6.837,25
3.3	542002	Suministro y colocación de resina epóxica para anclaje estructural	m3	0,71	\$ 114.991,80		\$ 81.644,18
3.4	500088	Encofrado de madera curvo (1 solo uso)	m2	1.583,97	\$ 35,08		\$ 55.565,67
3.5	500087	Suministro e instalación de malla electrosoldada R-283	m2	2.286,55	\$ 11,58		\$ 26.478,25
3.6	511012	Suministro y colocación de hormigón simple de $F'_{C} = 300 \text{ Kg/cm}^2$ (agregado grueso máx 3/8")	m3	222,33	\$ 189,16		\$ 42.055,94
3.7	512007	Suministro e instalación de manto de fibra de carbono	m2	1.666,72	\$ 182,38		\$ 303.976,39
4		APUNTALADO DE ESTRUCTURA					\$ 345.650,40
4.1	A-1001	Apuntalado mediante puntal telescópico hasta 5 m (180 días)	u/día	50.040,00	\$ 1,44		\$ 72.057,60
4.2	A-1002	Apuntalado mediante puntal telescópico hasta 8 m (180 días)	u/día	33.840,00	\$ 2,17		\$ 73.432,80
4.3	A-1003	Apeo y cimbrado de cúpula/ espadaña con estructura modular (180 días)	m2/día	500.400,00	\$ 0,40		\$ 200.160,00
SUBTOTAL							\$ 4.122.888,38
					12 %		\$ 494.746,61
TOTAL							\$ 4.617.634,99

9

CONCLUSIONES

El sismo del 18 de marzo de 2023, localizado frente a la costa de Balao en la provincia de El Oro - Ecuador ($2^{\circ}51'04''$ S - $79^{\circ}48' 00''$ O), de 6.8 Mw de magnitud, ubicado a 68 Km de profundidad, con una intensidad MMI de VII, y que fue sentido en 14 de las 24 provincias del Ecuador, incluida la provincia del Azuay, causó un daño significativamente irreversible en buena parte del templo de Santo Domingo, perteneciente al convento del Santísimo Rosario de la ciudad de Cuenca. Los daños estructurales se evidenciaron a través de fisuras y agrietamientos en buena parte de los elementos de la edificación, incluso se pudo evidenciar desplomes en muros de mampostería y ciertas columnas reflejando que las fuerzas (cargas) originadas por el sismo, confluyeron en los puntos de mayor concentración de esfuerzos, que coinciden con los puntos analizados a través del software especializado aplicado dentro de la modelación estructural realizada.

Para el análisis, la estructura en su conjunto fue evaluada para todos los valores de carga de acción y combinación, tal cual las normas establecidas por la NEC, para garantizar los estados de resistencia admisibles, según el capítulo de riesgo sísmico. El análisis técnico concluyó que determinados elementos estructurales de la edificación, no satisfacen los requerimientos de demanda de seguridad, razón por la cual deben ser intervenidos con procesos de reforzamiento, los cuales han sido desarrollados y propuestos en el presente estudio estructural.

El presupuesto referencial par el reforzamiento estructural de la iglesia de Santo Domingo se estima en aproximadamente US \$ 4'130.000.

10

RECOMENDACIONES

La iglesia de Santo Domingo de la ciudad de Cuenca- Ecuador, es una edificación inventariada dentro del patrimonio local, nacional y de la humanidad, cuya construcción data de principios del siglo XX, considerada única por su arquitectura y valor histórico, constituyéndose no solo en un bien patrimonial sino en parte misma de la memoria histórica de la capital azuaya. Por lo tanto, como se mencionó, gran parte de la estructura actual de la iglesia de Santo Domingo se encuentra afectada en cuanto a su resistencia, lo cual pone en evidente riesgo la permanencia del edificio en el tiempo, así como a la seguridad de sus fieles usuarios. Esto convierte en prioritaria toda acción que vaya dirigida a defender y cuidar la prevalencia de este bien patrimonial muypreciado por la ciudadanía y su entorno cultural.

Por lo tanto, la recomendación principal es que los directivos del convento, las autoridades del gobierno local y las autoridades de la Secretaría Nacional de Patrimonio Cultural, se propongan realizar todos los esfuerzos necesarios, con el fin de lograr la recuperación del templo, a través de realizar los trabajos de reforzamiento estructural aquí propuestos y así precautelar la permanencia de estepreciado bien patrimonial en el tiempo.

De igual manera, durante el proceso de ejecución del reforzamiento se recomienda tener presente los siguientes aspectos:

- Realizar un monitoreo continuo al momento de ejecutar las perforaciones para los micropilotes y tensores anclados. La intervención se realizará de manera simétrica, es decir el interventor deberá presentar un plan de reforzamiento cronológico que no genere desbalance en la generalidad del edificio.
- Realizar veladuras y utilizar soportes acolchados para disminuir el riesgo de afectación al patrimonio existente en la iglesia, mientras se realice el proceso constructivo de reparación.
- Únicamente se emplearán perforaciones rotacionales con refrigeración, mediante la utilización de flujo de aire (refrigerante).
- Durante la reconstrucción, deberá dejarse improntas del reforzamiento y la información de las intervenciones realizadas.
- La restauración de los elementos patrimoniales se deberá realizar mediante técnicas tradicionales utilizando materiales específicamente mejorados, de acuerdo a las recomendaciones de los expertos patrimoniales del área.

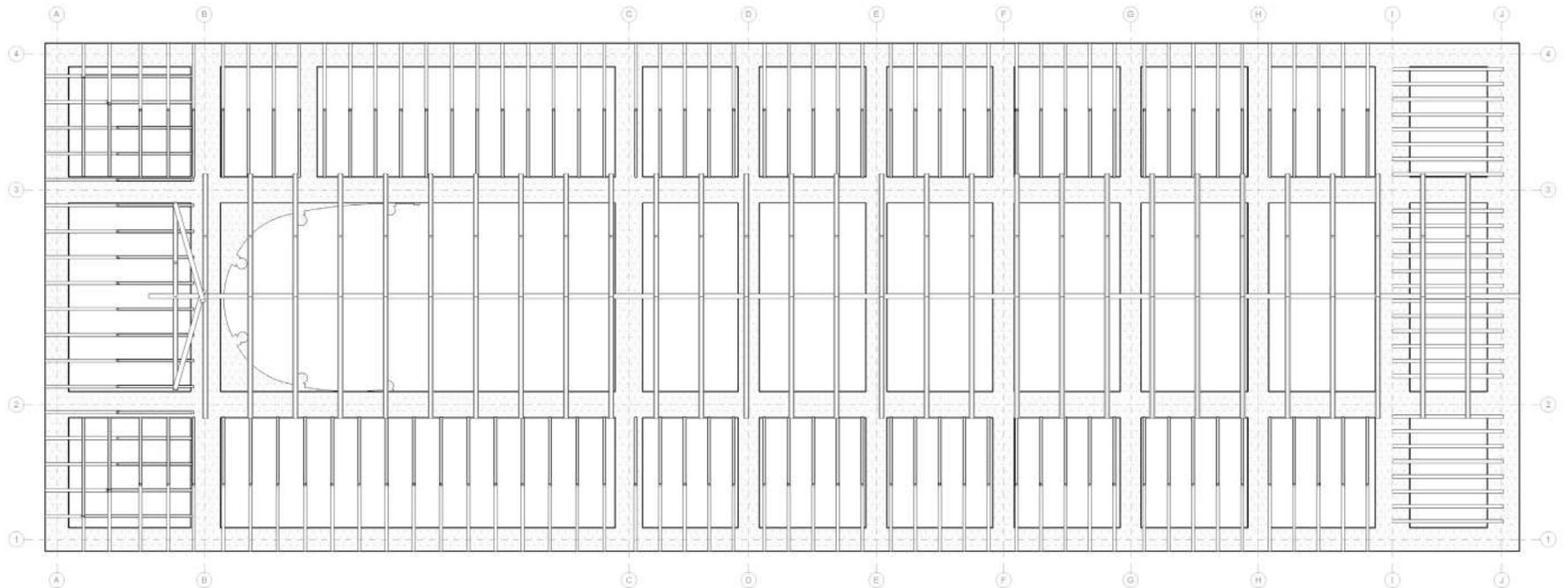
- En cuanto a los estudios complementarios que deberán realizarse de manera previa y en algunos casos paralela a la ejecución del reforzamiento, es preciso detallar los siguientes:
 - Evaluación patrimonial del templo.
 - Re-levantamiento fotográfico de las áreas a intervenir.
 - Prospecciones estratigráficas (calas de enlucido).
 - Levantamiento topográfico del templo, para verificación de dimensiones.
 - Exploración de la cimentación de la estructura principal del templo, para valorar y evaluar su estado actual.
 - Estudio de mecánica de suelos, a nivel de la cimentación subterránea.
 - Instrumentación de la estructura, con el fin de determinar períodos de vibración, modos de vibración y amortiguamiento de la estructura.
 - Estudio de peligro sísmico de la zona de implantación. Generación de espectros de sitio.

Es importante destacar, que el informe presentado es de tipo inicial, basado en la información entregada durante su desarrollo. Una vez ejecutados los estudios complementarios sugeridos, el informe de evaluación y rehabilitación estructural deberá ser actualizado, como requerimiento previo a la ejecución de la obra.

Una vez más se insiste en realizar una investigación longitudinal de las consecuencias que genera la construcción y circulación diaria del sistema tranviario, el cual produce fenómenos de vibración mecánica en la edificación del templo, con las consecuentes afectaciones estructurales.

ANEXO 1

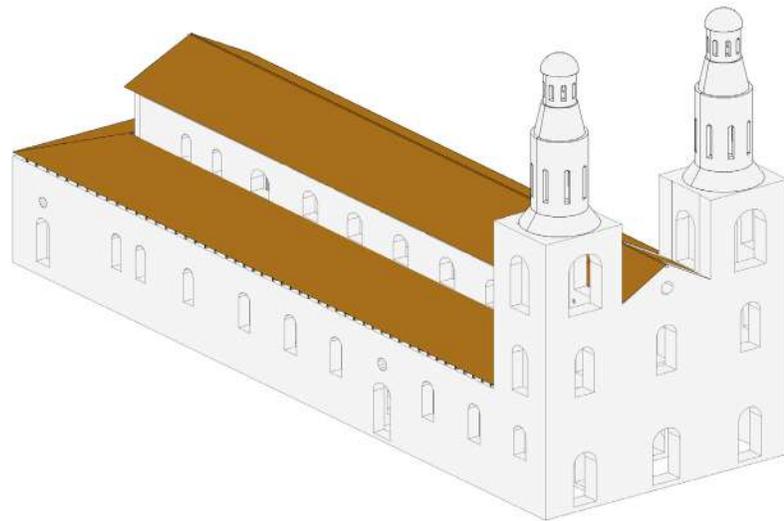
PLANOS DE REFORZAMIENTO
ESTRUCTURAL



VISTA EN PLANTA

IGLESIA DE SANTO DOMINGO

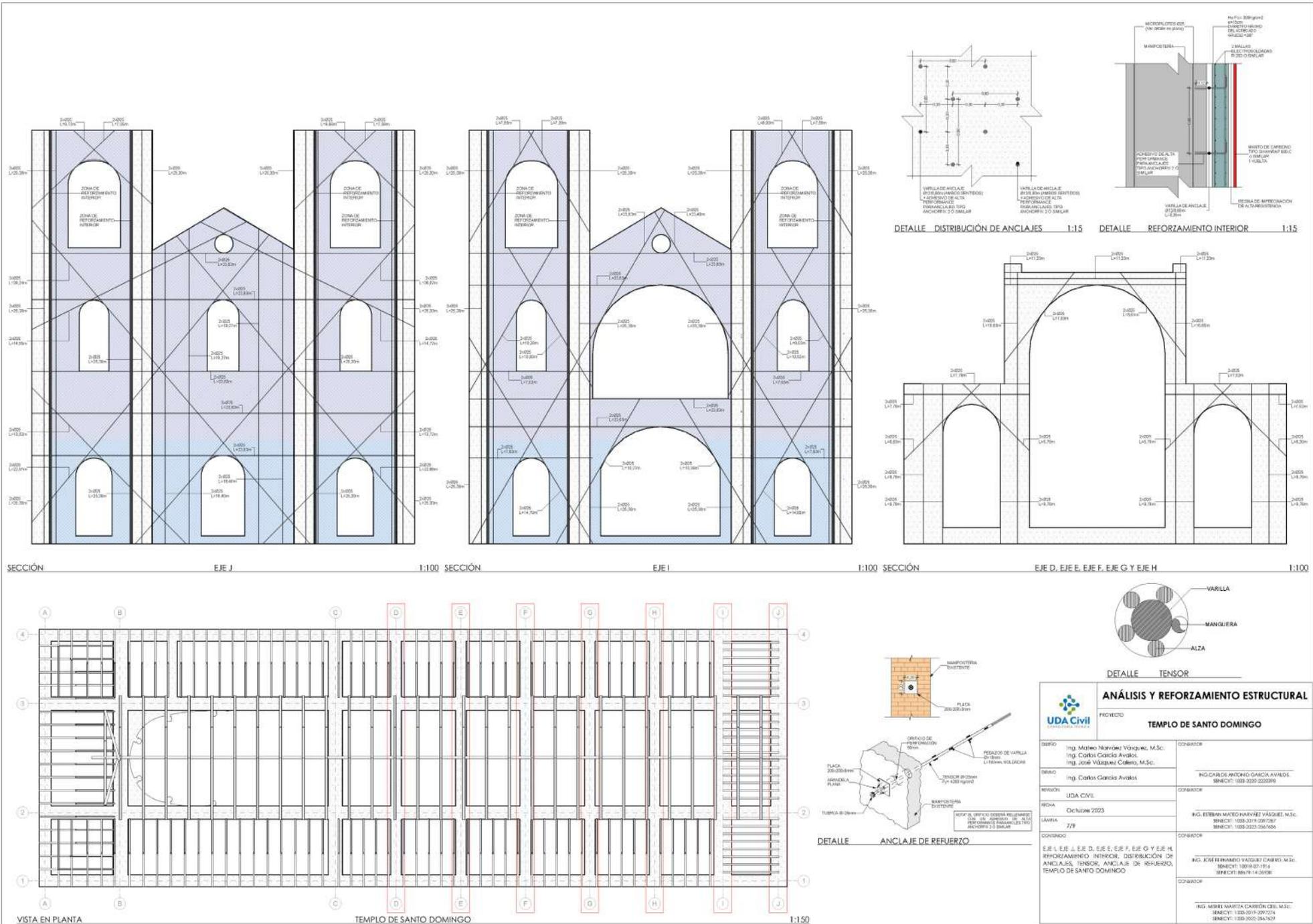
1:100

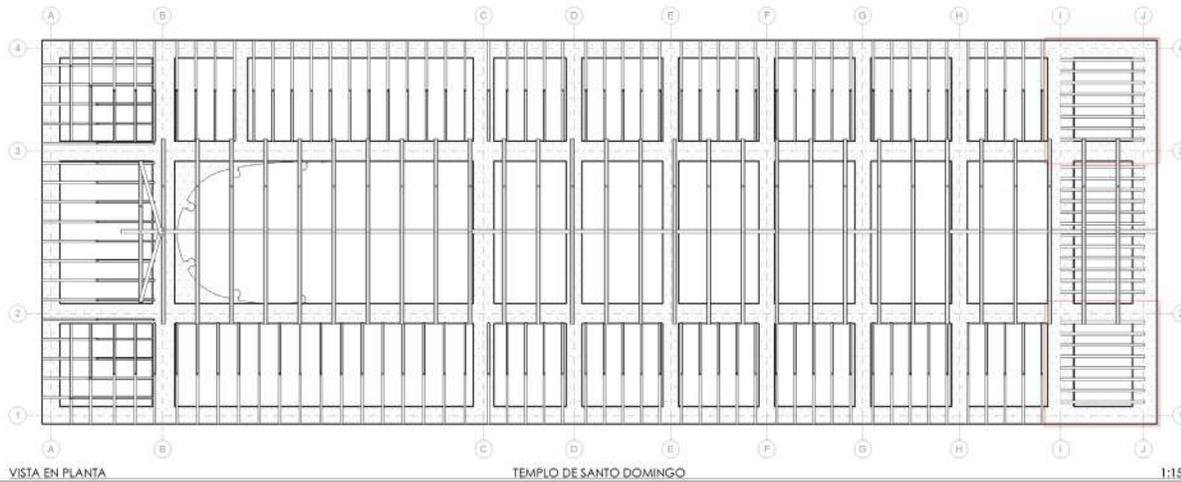
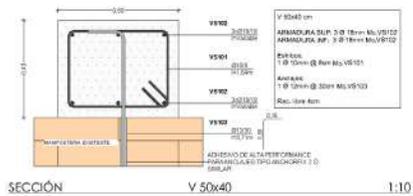
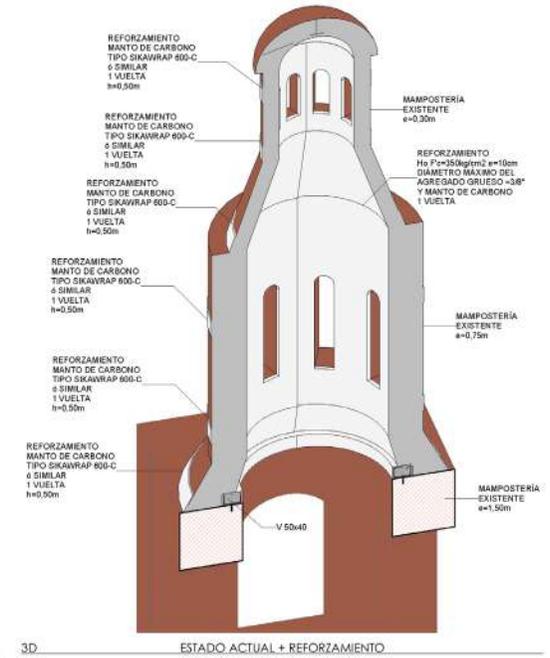
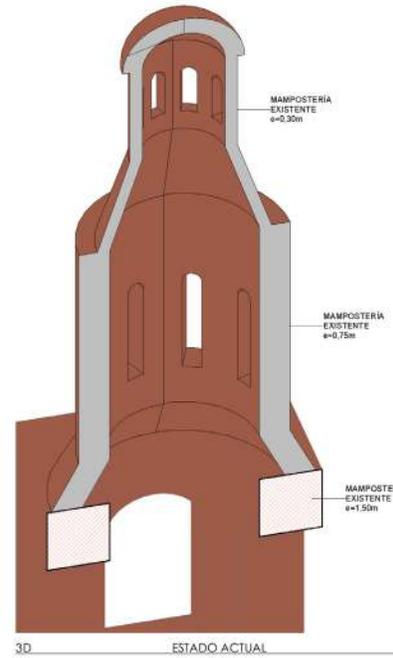
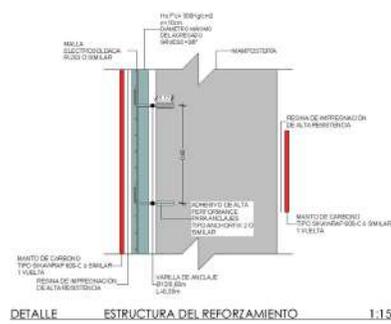
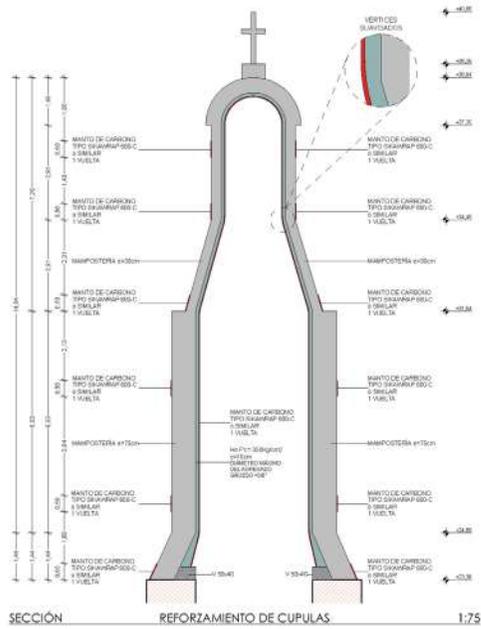


3D

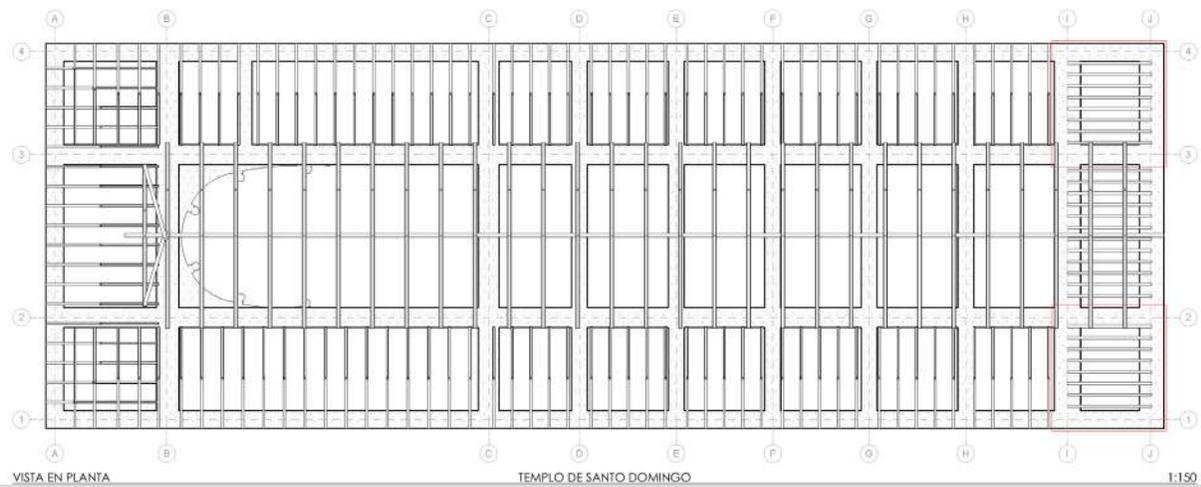
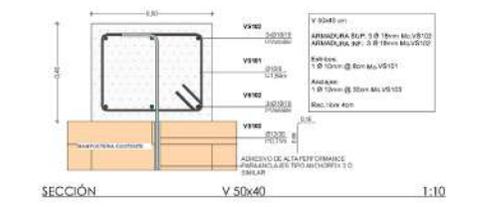
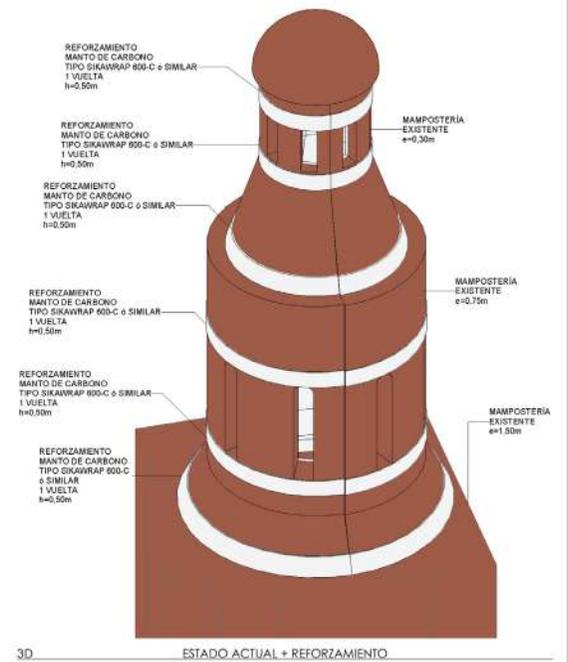
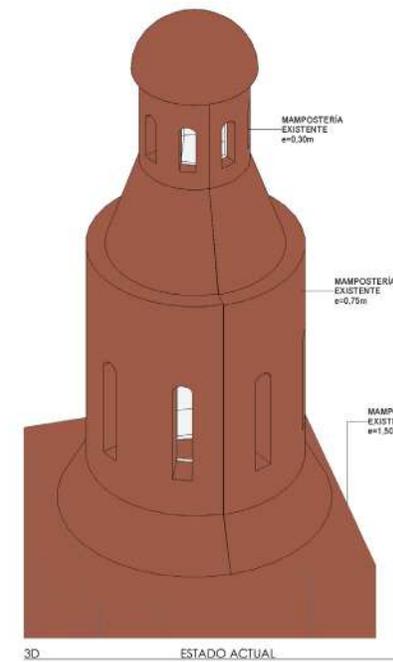
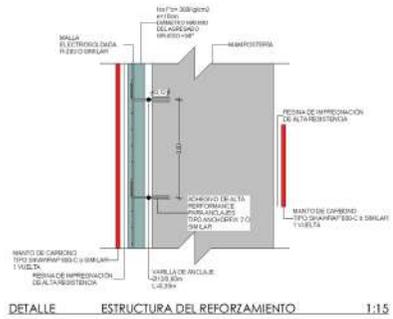
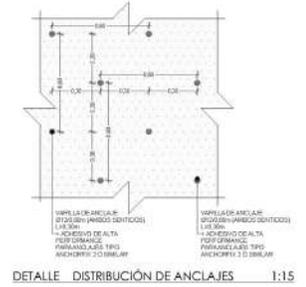
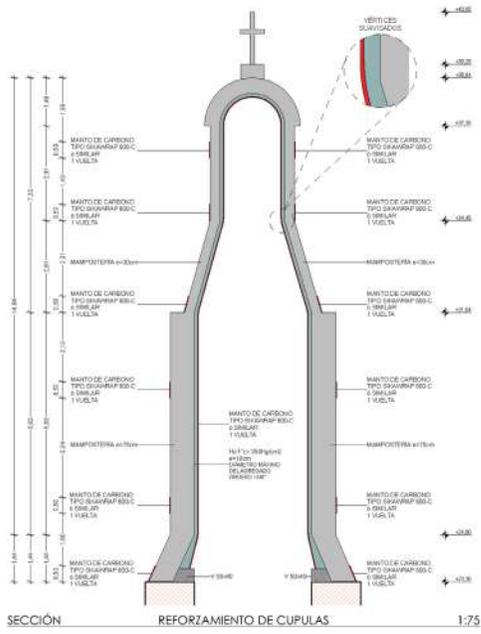
IGLESIA DE SANTO DOMINGO

 ANÁLISIS Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	
PROYECTO	
TEMPLO DE SANTO DOMINGO	
DISEÑO Ing. Mateo Narváez Vázquez, M.Sc. Ing. Carlos García Avalos Ing. José Yáquez Cordero, M.Sc.	CONSULTOR ING. OSBEDI ANTONIO GARCÍA AVANDE INEDECYT: 1025.2022.222298
DIRIGIDO Ing. Carlos García Avalos	CONSULTOR
EMPRESA UDA CIVIL	CONSULTOR
FECHA Octubre 2023.	CONSULTOR
LÁMINA 1/9	CONSULTOR ING. ESTEBAN MATO NARVAEZ VÁSQUEZ, M.Sc. INEDECYT: 1033.2019.2097387 INEDECYT: 1033.2022.294765A
OBJETO IGLESIA DE SANTO DOMINGO	CONSULTOR ING. JOSE FERNANDO VÁSQUEZ CORDERO, M.Sc. INEDECYT: 12014.07.1914 INEDECYT: 86476.14.24938
	CONSULTOR ING. ROSA MARTHA CARRIÓN CIEL, M.Sc. INEDECYT: 1033.2019.2097074 INEDECYT: 1033.2022.256762F

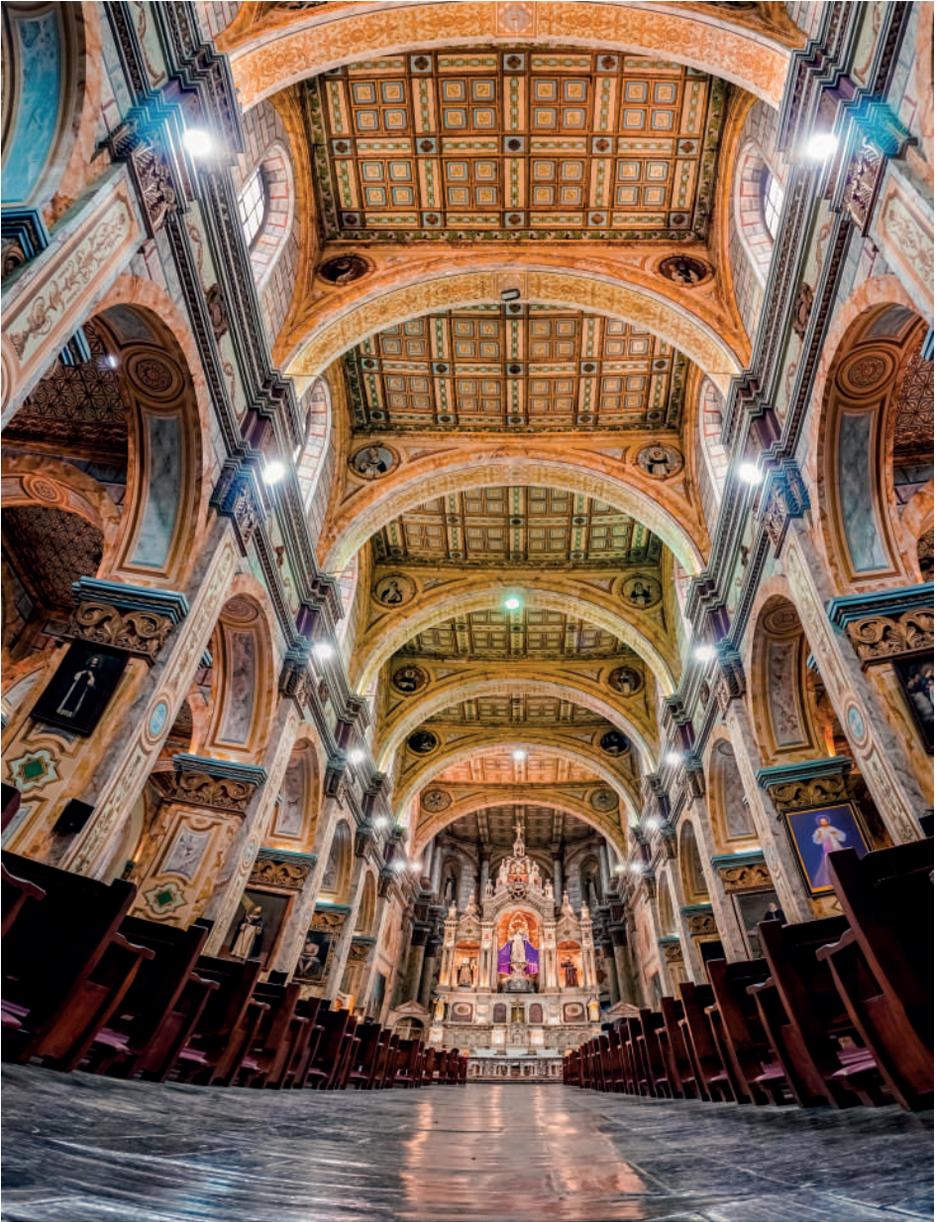




ANÁLISIS Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	
PROYECTO	TEMPLO DE SANTO DOMINGO
UBICACIÓN	Ing. Mateo Narváez Vázquez, M.Sc. Ing. Carlos García Avila Ing. José Yáquez Cabeza, M.Sc.
DISEÑO	ING. JOSEFINO MONDINO GARCÍA AVILA INENECYT: 1025-2022-222298
REVISIÓN	UDA CIVIL
FECHA	Octubre 2023
LÁMINA	ING. ESTEBAN MATEO NARVAEZ VÁSQUEZ, M.Sc. INENECYT: 1033-2019-2097387 INENECYT: 1033-2022-2567626
CONSEJO	ING. JOSEFINO MONDINO GARCÍA AVILA, M.Sc. INENECYT: 1021-04-07-1914 INENECYT: 86476-14-24938
CONSEJO	ING. MÓNICA MARTÍNEZ CÁRDENAS, M.Sc. INENECYT: 1033-2019-2097374 INENECYT: 1033-2022-2567626



ANÁLISIS Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	
PROYECTO	TEMPLO DE SANTO DOMINGO
DIRIGIDO	Ing. Mario Navarro Vázquez, M.Sc. Ing. Carlos García Avilés Ing. José Vázquez Cordero, M.Sc.
REVISADO	ING. CARLOS ANTONIO GARCÍA AVILÉS SENECIFI: 1039-2025-2020096
FECHA	Octubre 2023
LÁMINA	9/9
CONSEJO	ING. ESTEBAN MATEO FERRER VÁZQUEZ, M.Sc. SENECIFI: 1033-2019-2097287 SENECIFI: 1039-2022-2667636
ESTADO ACTUAL + REFORZAMIENTO, ESTADO ACTUAL, REFORZAMIENTO DE CUPULAS Y SOLOS, DISTRIBUCIÓN DE ANCLAJES, ESTRUCTURA DEL REFORZAMIENTO	ING. JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CORDERO, M.Sc. SENECIFI: 1039-2018-201194 SENECIFI: 88478-14-30938
	ING. MIREI MARITZA CARRIÓN DEL M.S.C. SENECIFI: 1033-2019-2097274 SENECIFI: 1039-2022-3847402



ISBN: 978-9942-645-74-6



9 789942 645746