



# **UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER  
HUMANO**

**ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE DESASTRES Y  
GESTIÓN DE RIESGO**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN DE DESASTRES Y  
GESTIÓN DE RIESGO.

**TEMA:**

ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS  
DEL INMUEBLE PATRIMONIAL, IGLESIA SAN FRANCISCO, DE LA  
UNIDAD EDUCATIVA SANTA MARIANA DE JESÚS, PARROQUIA  
CENTRAL DEL CANTÓN CHIMBO DE LA PROVINCIA DE BOLÍVAR,  
PERÍODO 2017

**AUTOR(ES):**

VERÓNICA PATRICIA MENDOZA PALACIOS  
NORMA BEATRIZ GUARANDA TIBANLOMBO

**DIRECTOR DE PROYECTO:**

ING CIVIL. GINO NOBOA

**GUARANDA – ECUADOR**

**2017**

**TEMA**

**ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS DEL INMUEBLE PATRIMONIAL, IGLESIA SAN FRANCISCO, DE LA UNIDAD EDUCATIVA SANTA MARIANA DE JESÚS, PARROQUIA CENTRAL DEL CANTÓN CHIMBO DE LA PROVINCIA DE BOLÍVAR, PERÍODO 2017.**

## DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada principalmente a Dios, quien está siempre presente con sus bendiciones en mi vida.

A mis amados padres: Alajita, Pedro y Arturo, que gracias a su apoyo y consejos me alentaron para continuar en este largo camino.

A mi esposo Mario Fernando e hija Josette Fernanda, por ser mi inspiración, motivación y apoyo incondicional en todo momento, y a quienes amo profundamente.

A mis queridos hermanos que son parte fundamental de mi vida: Byron Arturo, Javier David, Pedro Antonio, Jessenia Elizabeth, que siempre me demuestran su gran amor y unión a pesar de las adversidades, y en especial a mi amada y recordada hermanita Bexy Anabell que aunque ya no está con nosotros, es el ángel que cuida de todos, y a quien extraño y amaré por siempre.

A mis sobrinos y sobrinas que ocupan un lugar muy especial en mi corazón y a quienes quiero como hijos.

A mis queridos suegros: Carmen Benavides y Mario Ramos que siempre están apoyándome incondicionalmente en todo sentido.

A las Tías Judith, Magdalena, Gladys y Cecilia Ramos por la motivación y apoyo al recibirme en sus casas cada presencial que viajaba a mis clases.

**Verónica Patricia Mendoza Palacios.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Todopoderoso, quien me guía, protege y bendice todos los días de mi vida.

A mi amada madre Alajita Palacios, mujer valiente quien siempre ha estado presente en mi vida con su apoyo y amor incondicional.

A mi amado esposo Mario, quien con sus consejos ha sabido motivarme para la realización de este trabajo.

A mi adorada hija Tita quien es mi inspiración y motivación para culminar todas mis metas propuestas.

A mis estimados docentes quienes han contribuido con mi formación profesional. En especial a la Ing. Eva Gavilánez y a nuestro tutor Ing. Gino Noboa.

Este proyecto es el resultado del arduo esfuerzo en conjunto con mi compañera Norma Guaranda, por eso le agradezco por su tenacidad y paciencia.

Agradezco de manera especial y emotiva a mi ángel, mi recordada hermanita Bexy Anabell, quien ha sido mi inspiración para cumplir la promesa realizada de culminar mi etapa profesional.

**Verónica Patricia Mendoza Palacios.**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado principalmente a Dios por ser inspirador de cada uno de mis pasos, por las grandes bendiciones recibidas.

A mis queridos padres Pedro Guaranda y Juana Tibanlombo por haberme dado la vida, por enseñarme a ser una mujer luchadora, trabajadora que con su ejemplo de perseverancia, humildad y sencillez me han enseñado a cristalizar todas las metas que me he propuesto.

A mi querida hija Johanna Abigail Patín Guaranda, por ser un ser maravilloso que llegó a mi vida para convertirse en mi fortaleza y mi inspiración para seguir luchado y aferrarme a la vida, para así lograr mis objetivos y a la que amare por siempre, por sobre todas las cosas.

A mis queridos hermanos por ser parte de mi vida y ser mi inspiración que con su amor me han dado valor para poder cumplir todo lo que me he propuesto.

**Norma Beatriz Guaranda Tibanlombo**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis amados padres por haberme brindado su apoyo moral e incondicional para la realización de este proyecto.

A mis queridos docentes que día a día impartieron sus conocimientos para nuestra formación profesional, en especial a la Ing. Eva Gavilanes, al Ing. Mario Ramos y a nuestro querido tutor Ing. Gino Noboa.

Agradezco de manera especial a Dios por darme la salud, el amor y la perseverancia para poder culminar este camino de conocimientos.

A mi querida compañera Verónica Mendoza que con sus consejos, perseverancia, paciencia y un arduo trabajo en conjunto logramos culminar este proyecto.

También agradezco a mis Jefes Carlos Arturo Del Salto y su querida esposa Elizabeth Del Salto por su apoyo económico y moral.

**Norma Beatriz Guaranda Tibanlombo**

## ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
TEMA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVIII
CERTIFICADO .....	XX
RESUMEN EJECUTIVO .....	XXI
ABSTRACT.....	XXII
INTRODUCCIÓN .....	- 1 -
CAPÍTULO I.....	- 3 -
1. EL PROBLEMA .....	- 3 -
1.1. Planteamiento del problema.....	- 3 -
1.2. Formulación del problema.....	- 4 -
1.3. Objetivos .....	- 4 -
1.3.1. Objetivo General .....	- 4 -
1.3.2. Objetivos Específicos.....	- 4 -
1.4. Justificación.....	- 4 -
1.5. Limitaciones.....	- 5 -
CAPÍTULO II .....	- 6 -

2. MARCO TEÓRICO.....	- 6 -
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	- 6 -
2.2. Bases Teóricas .....	- 7 -
a. Sismos .....	- 9 -
2.2.1. Descripción del Cantón Chimbo.....	- 12 -
a. Relieve.....	- 13 -
b. Geomorfología.....	- 13 -
c. Geología .....	- 13 -
d. Suelo.....	- 14 -
e. Servicios Básicos.....	- 15 -
2.2.2. Ubicación de la zona de estudio .....	- 16 -
2.2.3. Marco Legal.....	- 17 -
2.3. Definición de Términos (Glosario) .....	- 20 -
CAPÍTULO III.....	- 23 -
3. MARCO METODOLÓGICO.....	- 23 -
3.1. Nivel de la Investigación .....	- 23 -
3.2. Diseño.....	- 23 -
3.3. Población y Muestra.....	- 24 -
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos.....	- 24 -
3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos (estadístico utilizado), para cada uno de los objetivos específicos. ....	- 25 -
CAPÍTULO IV.....	- 26 -
4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS. ....	- 26 -
4.1. Resultados del objetivo 1 .....	- 26 -
4.1.1. Descripción de la patología del inmueble patrimonial.....	- 26 -
a. Patologías Estructurales .....	- 27 -
b. Configuración Estructural .....	- 28 -



c.	Distribución interna de paredes .....	- 29 -
d.	Asentamientos .....	- 29 -
e.	Martilleo .....	- 29 -
f.	Síntomas .....	- 31 -
4.2.	Resultados del Objetivo 2.....	- 35 -
4.2.1.	Construcción de plano arquitectónico.....	- 35 -
a.	Plano Planta Baja, Altillo, Cubierta. ....	36
b.	Plano fachada lateral Derecha e Izquierda .....	37
4.3.	Resultados del objetivo 3 .....	38
4.3.1.	Evaluación de la vulnerabilidad de la estructura .....	38
a.	Modelo estructural.....	38
b.	Propiedades de los materiales utilizados .....	38
c.	Geometría de la edificación.....	39
d.	Secciones usadas en el modelo.....	41
e.	Cálculo de cargas.....	42
	Carga muerta .....	42
	Carga viva.....	43
	Carga laterales.....	44
f.	Espectro .....	51
g.	Modos de vibración .....	53
h.	Derivas de piso .....	54
i.	Estructura deformada .....	56
j.	Deflexiones.....	58
k.	Matriz de Resumen del Estudio de la Vulnerabilidad ante Sismos del Inmueble Patrimonial, Iglesia San Francisco .....	59
4.4.	Resultado del objetivo 4 .....	60
4.4.1.	Medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño estructural, ante sismo del inmueble patrimonial.....	60

a. Modelo reforzado .....	60
b. Geometría de la edificación reforzada.....	63
c. Cálculo de cargas.....	65
d. Espectro .....	67
e. Modos de vibración .....	69
a. Derivas de piso.....	70
b. Estructura deformada .....	71
Deflexiones.....	73
f. Planos de reforzamiento del inmueble patrimonial .....	73
Plano de Reforzamiento Planta Baja y cubierta.....	74
Plano de Reforzamiento fachada lateral derecha e izquierda. ....	75
g. Matriz de Resumen del Reforzamiento del Inmueble Patrimonial, Iglesia San Francisco .....	76
4.4.2. Plan Integral de Reducción de Riesgos, Iglesia San Francisco de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús.....	77
4.4.2.1. Descripción del Inmueble Patrimonial .....	77
a. Ubicación Geográfica.....	77
b. Reseña Histórica.....	78
c. Población de la Comunidad.....	78
4.4.2.2. ANÁLISIS DEL RIESGO .....	79
4.4.2.2.1. Análisis de Amenazas .....	79
b. Deslizamientos (Riesgo Alto) .....	80
c. Erupciones volcánicas (caída de ceniza volcánica) Riesgo Bajo .....	81
d. Incendio (Riesgo Medio).....	81
4.4.2.2.2. Análisis de Vulnerabilidades.....	81
a. Vulnerabilidad Física .....	81
b. Vulnerabilidad Social .....	82
c. Vulnerabilidad Educativa.....	82

d. Vulnerabilidad Cultural .....	83
g. Vulnerabilidad Científica .....	84
4.4.2.3. REDUCCIÓN DEL RIESGO .....	86
4.4.2.4. PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN .....	87
4.4.2.5. MANEJO DE EVENTOS ADVERSOS .....	89
a. Preparación .....	89
b. Sistemas de Alerta Temprana .....	91
4.4.2.6. RESPUESTA .....	91
a. Integrantes de Brigada de Respuesta .....	92
b. Recursos de Respuesta .....	97
4.4.2.7. RECUPERACIÓN .....	98
a. Rehabilitación .....	98
b. Reconstrucción .....	99
4.4.2.8. TRANSFERENCIA DEL RIESGO .....	100
CAPÍTULO V .....	101
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	101
5.1. Conclusiones .....	101
5.2. Recomendaciones .....	101
BIBLIOGRAFÍA .....	103
ANEXOS .....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Parámetros para el cálculo del porcentaje de la carga reactiva o corte basal.....	44
Tabla 2 Razón entre la aceleración espectral .....	44
Tabla 3 Aceleración máxima de la roca del cantón Chimbo .....	45
Tabla 4 Tipos de suelo y sus valores según la NEC. ....	45
Tabla 5 Valores del Periodo límite de vibración en el espectro sísmico .....	46
Tabla 6 Coeficiente de reducción de resistencia sísmica y de importancia ....	47
Tabla 7 Deriva máxima de desplazamiento. ....	54
Tabla 8 Deriva de piso en Y.....	54
Tabla 9 Cuadro de resumen de la Evaluación de la Vulnerabilidad de la Estructura. ....	59
Tabla 10 Valor de la inercia de cada capa de reforzamiento. ....	61
Tabla 11 Valor de espesor de pared del modelo reforzado. ....	63
Tabla 12 Deriva máxima para sismo en dirección X.....	70
Tabla 13 Deriva máxima para sismo en dirección Y .....	70
Tabla 14 Cuadro de resumen del Reforzamiento de la Estructura.....	76
Tabla 15 Comunidad que ocupa la Iglesia San Francisco.....	78
Tabla 16 Zonas Sísmicas caracterizadas por el Factor Z.....	80
Tabla 17 Antecedentes de eventos sísmicos del Inmueble Patrimonial.....	80
Tabla 18 Ponderación de la Vulnerabilidad Física .....	81

Tabla 19 Ponderación de la Vulnerabilidad Social .....	82
Tabla 20 Ponderación de la Vulnerabilidad Educativa .....	83
Tabla 21 Ponderación de la Vulnerabilidad Cultural .....	83
Tabla 22 Ponderación de la Vulnerabilidad Ambiental .....	84
Tabla 23 Ponderación de la Vulnerabilidad Económica .....	84
Tabla 24 Ponderación de la Vulnerabilidad Científica .....	85
Tabla 25 Ponderación de la Vulnerabilidad Política.....	85
Tabla 26 Conformación del Comité Institucional de Gestión de Riesgo.....	86
Tabla 27 Conformación de Brigadas.....	87
Tabla 28 Plan de Acción en Prevención y Mitigación.....	87
Tabla 29 Plan de Acción en Preparación .....	90
Tabla 30 Punto de Encuentro Identificados .....	90
Tabla 31 Plan de Acción de Vigilancia y Monitoreo de los SAT .....	91
Tabla 32 Brigada de prevención y manejo de incendio .....	92
Tabla 33 Brigadas de Primeros Auxilios .....	93
Tabla 34 Brigada de Búsqueda, Rescate y Evacuación .....	94
Tabla 35 Brigada de Orden y Seguridad .....	94
Tabla 36 Plan de Acción .....	97
Tabla 37 Inventario de Recursos de Inmueble Patrimonial .....	97
Tabla 38 Recursos Institucionales Externos .....	98
Tabla 39 Lugar Alternativo del Centro Educativo .....	99

Tabla 40 Plan de Acción de Reconstrucción.....	99
Tabla 41 Identificación del Seguro o guro.....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1 Mapa de fallas activas.....	- 8 -
Figura 2 Movimientos de Placas Tectónica .....	- 10 -
Figura 3 Georeferenciación de la Iglesia San Francisco .....	- 16 -
Figura 4 Plano General de la planta baja, altillo y cubierta.....	36
Figura 5 Plano General fachada lateral derecha e izquierda.....	37
Figura 6 Fachada frontal y lateral izquierda .....	39
Figura 7 Fachada posterior y lateral.....	40
Figura 8 Vista extruida de la Iglesia San Francisco .....	40
Figura 9 Secciones utilizadas para el modelo .....	41
Figura 10 Valores de carga muerta asignados en correas y cordones inferiores. .....	43
Figura 11 DEAD (peso propio + carga muerta adicional) corte basal.....	49
Figura 12 Aplicación de carga sísmica en sentido X.....	50
Figura 13 Espectro. ....	51
Figura 14 Valores de período en segundos .....	52
Figura 15 Modos de vibración. ....	53
Figura 16 Estructura deformada.....	56
Figura 17 Estructura deformada por sismo en X .....	57
Figura 18 Estructura deformada por sismo en Y. ....	57
Figura 19 Deflexiones .....	58

Figura 20 Fachada frontal y lateral izquierda reforzada. ....	63
Figura 21 Fachada posterior y lateral derecha reforzada. ....	64
Figura 22 Vista extruida. Fuente:.....	64
Figura 23 Peso de la estructura con el enchape.....	65
Figura 24 Aplicación de cargas sísmicas en sentido X.....	66
Figura 25 Espectro de respuesta después del reforzamiento.....	67
Figura 26 Valores de periodo en segundos .....	68
Figura 27 Modos de vibración después del reforzamiento .....	69
Figura 28 Estructura deformada después del reforzamiento.....	71
Figura 29 Estructura deformada por sismo en dirección X.....	72
Figura 30 Estructura deformada por sismo en dirección Y.....	72
Figura 31 deflexiones después del reforzamiento.....	73
Figura 32 Plano de reforzamiento planta baja y cubierta.....	74
Figura 33 Plano de Reforzamiento fachada lateral derecha e izquierda .....	75
Figura 34 Ubicación de la Iglesia San Francisco .....	77
Figura 35 Organigrama de Respuesta .....	92



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Fotografía 1 Vista general de la iglesia San Francisco .....	- 27 -
Fotografía 2 Configuración estructural .....	- 28 -
Fotografía 3 Efecto martilleo. ....	- 30 -
Fotografía 4 Síntomas presentes en la estructura.....	- 31 -
Fotografía 5 Fisura parte Superior del arco.....	- 32 -
Fotografía 6 Fisura parte inferior del arco .....	- 33 -
Fotografía 7 Fisura interna en la pared frontal.....	- 34 -
Fotografía 8 Fisura arco de ventana pared posterior.....	- 34 -
Fotografía 9 Fisura arco de ventana pared posterior 2.....	- 35 -
Fotografía 10 Fisura en base de ventana pared posterior.....	- 35 -

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
ANEXO A Relieve del Cantón Chimbo .....	108
ANEXO B Geología del Cantón Chimbo .....	108
ANEXO C Datos de Identificación del Área de Estudio .....	109
ANEXO D Identificación Física del Inmueble .....	111
ANEXO E Presupuesto de la Propuesta de Reforzamiento .....	113
ANEXO F Plano a Escala Superior del Inmueble Patrimonial.....	114
ANEXO G Plano de Reforzamiento del Inmueble Patrimonial .....	116
ANEXO H Mapa de Zona Sísmicas en Función al Valor del Factor Z.....	118
ANEXO I Mapa de Movimientos en Masa del Cantón Chimbo .....	118
ANEXO J Mapa de Amenaza Volcánica en el Ecuador .....	119
ANEXO K Método Meseri Iglesia San Francisco .....	120
ANEXO L Matriz de Vulnerabilidad Física .....	124
ANEXO M Matriz Vulnerabilidad Social.....	124
ANEXO N Matriz de Vulnerabilidad Educativa .....	125
ANEXO O Matriz de Vulnerabilidad Cultural .....	125
ANEXO P Matriz de Vulnerabilidad Ambiental .....	126
ANEXO Q Matriz de Vulnerabilidad Económica .....	126
ANEXO R Matriz de Vulnerabilidad Científica.....	127
ANEXO S Matriz de Vulnerabilidad Política.....	127
ANEXO T Ponderación de la Vulnerabilidad Total .....	128

ANEXO U Cronograma de Actividades .....	129
ANEXO V Presupuesto del Proyecto de Investigación .....	130

## **CERTIFICADO**

### **DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR**

Guaranda, 24 de julio de 2017


El suscrito Ingeniero Civil, Gino Noboa docente de la Facultad de Ciencias de la Salud y Del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente –Tutor.

### **CERTIFICA**

Que el proyecto de investigación titulado: “Estudio de la vulnerabilidad estructural ante sismos del inmueble patrimonial, iglesia San Francisco, de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, parroquia central del cantón Chimbo de la provincia de Bolívar, Período 2017”, elaborado por las señoritas: Verónica Patricia Mendoza Palacios y Norma Beatriz Guaranda Tibanlombo.

Ha sido revisado y reúne los requisitos académicos y normativos establecidos en el reglamento de titulación; por lo que autorizo la presentación en las instancias respectivas de la Facultad de Ciencias de la Salud para su evaluación y calificación.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad.



**ING CIVIL. GINO NOBOA  
DOCENTE TUTOR  
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se realizó, el estudio de la vulnerabilidad estructural ante sismos del inmueble patrimonial de la iglesia San Francisco de la ciudad de San José de Chimbo, que está a cargo de las hermanas Marianitas de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús Molina del cantón Chimbo, ubicado en las calles Cristóbal Colón y 10 de Agosto, empleando el *Integrated Software For Structural Analysis And Desing* (SAP2000) que traducido al español es un Software Integrado para el Análisis Estructural y el Diseño de la misma.

Para la evaluación de la vulnerabilidad del inmueble patrimonial, se procedió al levantamiento de la patología presente en la estructura, mediante la observación minuciosa de cada afectación que presenta la iglesia, y se procedió al levantamiento planimétrico de cada área para la elaboración de los planos arquitectónicos y obtención de datos.

Los datos obtenidos y calculados según las Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC, 2015) se los ingresa al sistema o software SAP2000, para realizar el modelamiento y evaluar el comportamiento de la estructura cuando ocurre un sismo en sentido de X y Y en relación al plano cartesiano, con el mismo software se elaboró la propuesta de reforzamiento de la estructura y también se pudo observar el comportamiento de la misma, adicional a esto se realizó el plan de reducción de riesgos, considerando otras vulnerabilidades que también afectan al inmueble patrimonial, es importante realizar esta intervención integral en Gestión de Riesgos ya que la iglesia tiene alta concurrencia de la población en general y de la comunidad educativa de la Escuela Santa Mariana de Jesús Molina, de esta manera aportamos a la reducción de riesgo.

## **ABSTRACT**

In the present work, the study of the structural vulnerability to earthquakes of the patrimonial building of the San Francisco church of the city of San José de Chimbo, carried out by the Marianite Sisters of the Santa Mariana de Jesús Molina Educational Unit Chimbo canton, located in Cristóbal Colón and August 10 streets, using the Integrated Software For Structural Analysis And Desing (SAP2000).

In order to assess the vulnerability of the patrimonial building, the pathology present in the structure was surveyed by careful observation of each affectation presented by the church, and a planimetric survey of each area was carried out for the elaboration of the Architectural plans and data collection.

The data obtained and calculated according to the Ecuadorian Construction Standard (NEC, 2015) are entered into the SAP2000 system or software to perform the modeling and evaluate the behavior of the structure when an earthquake occurs in the sense of X and Y in relation to the plane. With the same software was developed the proposal of reinforcement of the structure and also could be observed the behavior of the same, in addition to this was made the risk reduction plan, considering other vulnerabilities that also affect the property patrimonial, is important. To carry out this integral intervention in Risk Management since the church has high concurrence of the population in general and of the educational community of the Santa Mariana de Jesús Molina School, in this way we contribute to the reduction of risk.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo afectado constantemente por múltiples eventos adversos que provoca en la sociedad pérdidas humanas, materiales, y económicas, es importante priorizar a las acciones de reducción de riesgos, ya que estas previenen y mitigan los efectos de las amenazas de origen natural como los sismos, contribuyendo en la reducción de la vulnerabilidad, en la comunidad.

Los sismos a través de la historia han sido un desastre determinante en nuestro continente y a nivel mundial, casi todos los países de nuestra región han sufrido eventos sísmicos fuertes que han generado un verdadero impacto económico, social, ambiental, que implica procesos de recuperación no solo muy costosos, sino muy lentos.

En los mapas de amenazas sísmicas de la región se puede identificar al menos cinco capitales políticas de América del Sur que se encuentran en zonas de alta y muy alta peligrosidad (Bogotá, Quito, Lima, La Paz y Santiago), así como al menos otras 40 ciudades, muchas de ellas con gran importancia económica para los países. De acuerdo a los informes nacionales, se estima que al menos 75 millones de personas habitan las zonas mencionadas y están expuestas a los efectos de los sismos (UNISDR, 2015).

El Ecuador se encuentra ubicado en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, por lo que es altamente vulnerable y propenso a sufrir terremotos de magnitudes considerables.

En la cronología histórica del Ecuador se registran al menos cuarenta terremotos aproximadamente, desde 1541, año en que data la primera catástrofe hasta el último ocurrido el 16 de abril del 2016 con magnitud de 7.8 en la escala de Richter, cuyo epicentro fue la ciudad de Pedernales (Manabí) y sentido a nivel nacional, este terremoto puso a prueba la resistencia de las construcciones de edificaciones en general y especialmente de los inmuebles patrimoniales, ya que por ser más antiguos sufrieron importantes daños que ponen en riesgo la integridad de la comunidad en general.

La iglesia San Francisco, inmueble patrimonial del cantón San José de Chimbo de la provincia de Bolívar, ubicado en la parte central del Ecuador, sufrió graves daños en su edificación a consecuencia del terremoto de abril del 2016, el propósito de este trabajo es estudiar la vulnerabilidad estructural ante sismos, para de esta contribuir con medidas de reducción de riesgo y mitigar el peligro de colapso estructural.

El presente trabajo se ha estructurado en cinco capítulos, que comprende; el capítulo uno contiene el problema a estudiar, los objetivos para solucionar el problema y la justificación de nuestro trabajo; el capítulo dos contiene las referencias y el marco legal del caso en estudio; el capítulo tres se describe la metodología que se ha utilizado en el presente trabajo; el capítulo cuatro se describe los resultados del trabajo de investigación realizada; y, en el capítulo cinco que indica conclusiones y las recomendaciones surgidas en el trabajo de Estudio de la vulnerabilidad estructural ante sismos del Inmueble Patrimonial, Iglesia San Francisco, de la unidad educativa Santa Mariana de Jesús, parroquia Central del cantón Chimbo de la provincia de Bolívar.



## **CAPÍTULO I**

### **1. EL PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

La conservación de los bienes patrimoniales es trascendente en la población, ya que de esta manera guardamos una estrecha relación con nuestro pasado, además de valorar nuestro legado e historia en una comunidad. Se debe dar la asistencia necesaria a estos bienes para prolongar su existencia, y evitar la pérdida de la herencia cultural, ya que todo esto en contexto, fundamentan las características de nuestra nación (Perichi, 2011).

La escasez de estudios técnicos y el desconocimiento de los niveles de vulnerabilidad estructural ante sismos de los inmuebles patrimoniales es un factor de riesgo que incide en la seguridad de los ciudadanos del territorio.

Las medidas de mitigación ante el impacto de un sismo en los bienes culturales no existen en la provincia de Bolívar y especialmente en el cantón Chimbo, esto pone en evidencia la problemática de la iglesia San Francisco, considerada inmueble patrimonial, ya que presenta graves daños en su edificación a causa del terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016, q pone en peligro la integridad física de los niños y niñas de la unidad educativa Santa Mariana de Jesús, que acuden a misa dos veces por semana cada paralelo según cronograma interno del plantel.

La finalidad de este trabajo es realizar el estudio de la vulnerabilidad estructural ante sismos, realizando la toma de medidas planimétricas de la iglesia, incluyendo las secciones de sus elementos estructurales, modelamiento de estructura en un programa de análisis y diseño estructural, ejecutar el análisis e interpretación de los resultados, elaborando un informe explicando los resultados y su interpretación, y en base a todo lo anteriormente expuesto presentar una propuesta para reducir riesgos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Es importante evaluar la vulnerabilidad estructural ante sismos del inmueble patrimonial, iglesia San Francisco, ubicada en la unidad educativa Santa Mariana de Jesús del cantón Chimbo?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar la vulnerabilidad estructural ante sismos del inmueble patrimonial, iglesia San Francisco, de la unidad educativa Santa Mariana de Jesús.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Describir la patología del inmueble patrimonial, mediante observación de los daños estructurales existentes e incrementados a causa del fenómeno sísmico ocurrido el 16 de abril 2016.
- Construir el plano arquitectónico general mediante levantamiento planimétrico de la estructura.
- Evaluar la vulnerabilidad de la estructura mediante el modelamiento en el programa de análisis y diseño SAP 2000.
- Sugerir medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño estructural, ante sismo del inmueble patrimonial.

## **1.4. Justificación**

Conocer el nivel de vulnerabilidad estructural ante sismos es importante porque constituye una herramienta clave para la reducción de riesgos de desastres.

Con los antecedentes sísmicos que existen en nuestro país Ecuador y consecuentemente a la provincia de Bolívar, en lo que respecta a una mayor actividad sísmica, a causa del “Cinturón de Fuego del Pacífico”, y las fallas geológicas tan comunes en el territorio, se puede expresar una probabilidad de ocurrencia de sismos y terremotos de media a alta (Quinde Martínez & Reinoso , 2016), por lo que es necesario realizar

investigación y análisis estructural de bienes patrimoniales que permite la fundamentación técnica para poder efectivizar acciones de reducción de riesgos.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo se centra en la realización de un estudio profundo de la edificación patrimonial para dar a conocer su estado actual por medio del informe de patologías, e informe de rehabilitación estructural como medida de prevención de colapso estructural ante sismos, y sean tomados en cuenta como factor crítico de priorización de intervenciones.

Con este trabajo se contribuirá a la concientización del riesgo al que está expuesta la comunidad en general a las autoridades locales y regionales para que de esta manera gestionen los recursos necesarios que estén dentro de sus respectivas competencias, para que la restauración sea una realidad, y así poder seguir conservando el valor histórico de este inmueble patrimonial.

### **1.5. Limitaciones**

Este estudio se realizó en el cantón Chimbo, provincia de Bolívar y las limitantes que se presentaron en este trabajo son la falta estudios específicos y experimentales en cuanto a vulnerabilidad estructural de edificaciones patrimoniales, la falta o la nula existencia de manuales o normativas que aporten con al correcto mantenimiento y conservación de bienes patrimoniales a nivel nacional.

Poca cooperación e interés de las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón, escasos recursos económicos para que puedan ejecutar la propuesta de reforzamiento que vamos a proponer para que sea una realidad la conservación del inmueble patrimonial.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

En el “Estudio de Vulnerabilidad y Reforzamiento estructural del Inmueble Patrimonial del Distrito Metropolitano de Quito”, por Manitio y Vascones del año 2013, indica que se puede apreciar una evaluación de la vulnerabilidad para estructuras de adobe utilizando una metodología Italiana, por lo que al encontrar las suficientes similitudes en especial en lo que respecta a las paredes de adobe, servirá como referencia primaria para la realización de esta investigación.

También se pudo consultar otros trabajos como el de Pareja y Zura del año 2011 en que se hace hincapié especial a las metodologías de evaluación de infraestructuras, lo cual enriquecerá el desarrollo de la tesis, especialmente en el uso de herramientas de análisis técnico.

La ocurrencia de un sismo ya sea de magnitud baja o de gran magnitud tiene efectos negativos en las estructuras, ya sea estructural y no estructural, para poder identificar todos estos efectos negativos se debe realizar una evaluación de la vulnerabilidad estructural con la que se podrá detectar todo tipo de inexactitudes que posee la estructura e identificar las posibles medidas de corrección. (Pilamunga Benítez, 2016).

Salamanca y Nonzoque plantea una metodología que ayudara a evaluar y conservar las estructuras de bienes patrimoniales y llego a la conclusión de que debido a la época de construcción estas estructuras no cuentan con ninguna norma técnica. En uno de sus objetivos plantea verificar los estudios de vulnerabilidad sísmica y patología estructural, investigar técnicas utilizadas para la construcción de edificaciones coloniales, analizar las normativas vigentes e investigar las características arquitectónicas y estructurales de los bienes patrimoniales para establecer una metodología que permita hacer un estudio adecuado para los establecimientos con carácter patrimonial de acuerdo a una adecuada práctica de la ingeniería (Salamanca Nonzoque, 2016).

En el estudio de la Vulnerabilidad Sísmica y Patológica que hace la institución universitaria tecnológica de Antioquia realizado en el año 2011 menciona en su estudio que para una buena realización de estudio de la vulnerabilidad se deberá hacer un estudio de la cimentación, análisis geológico y tectónico del lugar levantamiento arquitectónico, configuración estructural, mismas que ayudaran a verificar el nivel de vulnerabilidad que posee la estructura y cuáles serán los procedimientos de mitigación que se puedan emplear para reducir el nivel de vulnerabilidad estructural y no estructural existente (Universidad Nacional de Colombia, 2011).

En la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento la autora Moreta Viscarra Jessica Valeria menciona que aplico la metodología FEMA 154 ( Federal Emergency Management Agency) resultado de estudios realizados por el Programa Nacional de Reducción de Riesgos Sísmicos (NEHRP) “National Earthquake Hazards Reduction Program” y la Agencia Federal de Manejo de Emergencia de los Estados Unidos, siendo considerado como un código de construcción a mediados del año 1988, indica que consiste en la inspección y evaluación visual rápida de la estructura mediante un formulario que tiene puntuaciones, basándose en la configuración de la estructura que ayuda a determinar si posee riesgo de daños estructurales (Moreta Viscarra, 2015).

Con la referencia de las investigaciones citadas, relacionamos las metodologías de análisis de vulnerabilidad a bienes patrimoniales con nuestro proyecto de investigación, es decir que con la realización de este trabajo se podrá aportar con un estudio técnico, aplicando diferentes metodologías para la identificación de los riesgos que presenta el inmueble patrimonial luego del terremoto ocurrido en el 2016.

## **2.2. Bases Teóricas**

Nuestro país, por su ubicación geográfica y al tener incidencia directa del anillo o Cinturón de Fuego del Pacífico se caracteriza por conectarse a algunas de las franjas de subducción de las placas tectónicas más importante del mundo, lo que ocasiona una intensa y constante actividad sísmica y volcánica debido al choque de las mismas, lo que produce acumulación de

energía y tensión en su liberación; además que el país, por la variedad de clima y su geomorfología está expuesto a diferentes tipos de amenazas ya sea de origen natural y antrópico que agregado a los factores de vulnerabilidad presentes en las diferentes zonas del Ecuador dan como resultado la presencia de un riesgo latente. Adicionalmente hay que tomar en cuenta que Ecuador se asienta en al menos 10 fallas geológicas lo que provoca la recurrencia de movimientos en ciudades como Quito, Ambato, Cuenca, Latacunga y Riobamba (El-Telégrafo, 2016).

La Provincia de Bolívar está atravesada por una de los tres sistemas de fallas principales, como es la Falla de Pallatanga que llega hasta la provincia de Chimborazo (El-Comercio, 2014).

La falla Pallatanga se inicia en el Golfo de Guayaquil y atraviesa la cordillera occidental bordeando el río Pangor, hasta Chingual la Sofía en Colombia (ver fig. 1) y presenta una zona inminentemente de alto riesgo, particularmente en deslaves, inundaciones, incendios forestales y sobre todo en sismos (Paula, 2013).

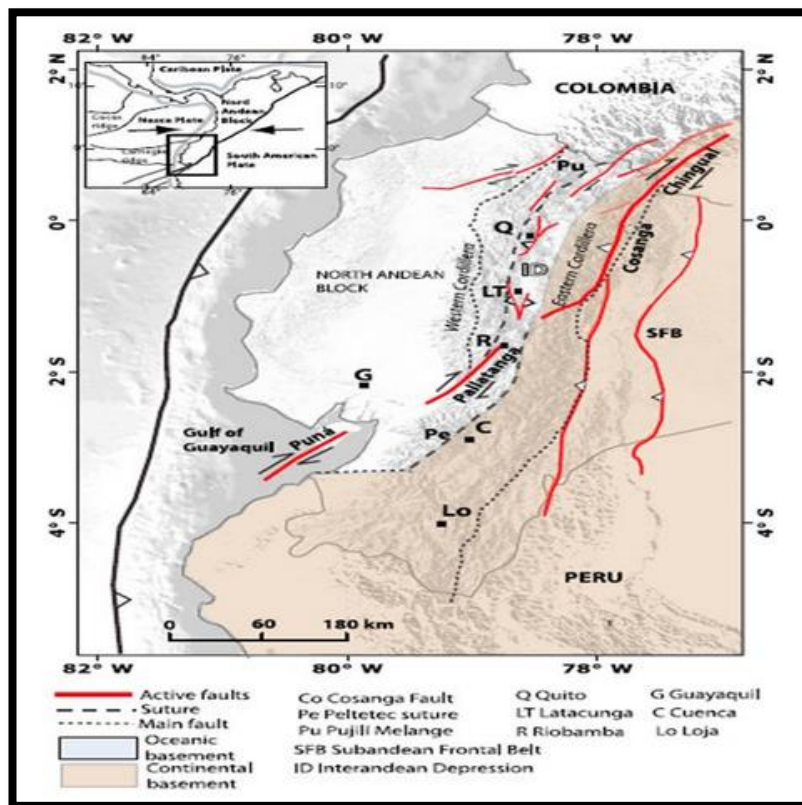


Figura 1 Mapa de fallas activas  
Fuente: IG/EPN. 2012

Los sismos más importantes ocurridos en siglos pasados, incluye la época de la colonial, están:

1674/Agosto/29, Destrucción de Chimbo y 8 pueblos circundantes. La mayor destrucción ocurrió en Chimbo. Pocos sobrevivientes a pesar de la magnitud, la zona macro sísmica fue bastante restringida. Grandes deslizamientos en montes y laderas. Agrietamiento del terreno por todas partes, represado el río (PUCE, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2013).

1949/Agosto/05, Gran terremoto de Pelileo, ciudad que fue totalmente destruida, la Ciudad de Ambato en escombros, destrucción casi total de muchas poblaciones de las provincias de Tungurahua y Cotopaxi, hubo graves daños en localidades de las provincias de Chimborazo y Bolívar. Se provocó grandes grietas en el terreno, derrumbes y deslizamientos voluminosos en montes y caminos de toda la región, este evento adverso causo millares de muertos y heridos (PUCE, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2013).

#### **a. Sismos**

Para la realización de este proyecto de investigación, se debe primero conocer la amenaza, pues esto le dará el sustento técnico al trabajo y enmarcará la tesis en un contexto científico. **Sismos** “Sacudida de la superficie terrestre por dislocación de la corteza. Las fuentes son de varios tipos (tectónicas, volcánicas, explosiones, meteoritos, etc.), siendo las más comunes las tectónicas” (IGEPN, 2017).

Los sismos se originan principalmente por movimientos de placas tectónicas y por eventos volcánicos. Los sismos de origen tectónico están relacionados con placas, también se incluye sismos a causa de las fallas geológicas.

Cuando las placas tectónicas se separan son divergentes, pero cuando una placa está superpuesta sobre otra es convergente subducción. También existe el convergente frontal o transformante producto del desplazamiento relativo de placas continentales después de una colisión. (Ver fig. 2).



Figura 2 Movimientos de Placas Tectónica.  
Fuente: Google. Slideshare 2010

Entonces se puede mencionar que un sismo o terremoto es un movimiento o una serie de vibraciones de la corteza terrestre de distintos tipos e intensidad que pueden ser transitorios y repetitivos que se propaga desde su origen en todas las direcciones y pueden ocasionar daños y pérdidas económicas y humanas (Pilamunga Benítez, 2016).

El cantón Chimbo según las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC, 2015) está situada en una zona sísmica alta, está considerada con un valor del factor Z de 0,35gals. (Aceleración de la roca) entonces se puede decir que nuestra área de estudio está localizada en una zona de alto peligro sísmico (NEC SE-SC).

La vulnerabilidad sísmica de una estructura, grupo de estructuras o de una zona urbana, se define como su predisposición intrínseca a sufrir daños ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño (Díaz, 2003).

La vulnerabilidad estructural es la susceptibilidad que presenta la estructura a posibles daños, en aquellas partes que mantiene en pie al inmueble patrimonial durante un sismo. Se puede concluir que el inmueble patrimonial es vulnerable frente a cualquier tipo de desastre por que fue construida sin



ninguna norma técnica. La manera y estrategia para poder implementar las medidas de prevención y de mitigación en un inmueble patrimonial que ya esté construido se lo deberá hacer en la etapa de reparación, remodelación o mantenimiento del mismo. (Díaz, 2003).

El daño sísmico es el grado de degradación o destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre las personas, los bienes, los sistemas de presentación de servicios, los sistemas naturales y sociales. Desde el punto de vista estructural, generalmente se relaciona con deformaciones irrecuperables (aparición de grietas diagonales y verticales, desplazamiento del recubrimiento, flexocompresión, torsiones, entre otros). Por lo tanto, cualquier variable de daños debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación. La evaluación y la interpretación de los daños causados por un sismo surgen de la necesidad de medir y expresar los efectos de este fenómeno sobre los diferentes tipos de estructuras existentes, (Díaz, 2003), más aún si se trata de conservar un inmueble patrimonial y evitar pérdidas económicas y humanas con la ocurrencia de un evento adverso.

Como los inmuebles patrimoniales fueron construidas hace muchos años y sin normas de construcción surgen muchas interrogantes de si seguirán funcionando después de un sismo o terremotos, es por eso que este tipo de edificación necesitara un estudio de vulnerabilidad bien detallado sobre la capacidad de la estructura para soportar sismos moderados o fuertes, es por esta razón que se plantea nuestro estudio.

Entonces podemos decir que la “amenaza es un peligro latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que puede producir efectos adversos, daños y pérdidas en las personas, la producción, la Infraestructura, los bienes y servicios y el medio ambiente” (UNICEF, 2010). En este fragmento se puede decir que toda acción del hombre-naturaleza conlleva una reacción provocando, así un desastre de gran magnitud que varía dependiendo a la ubicación del evento ocurrente y la presencia de los factores de vulnerabilidad.

La “vulnerabilidad es la condición de inestabilidad o susceptibilidad determinada por factores físicos, económicos, sociales, políticos y ambientales que caracteriza y predispone a un individuo o sociedad a sufrir serios daños en caso del impacto de una amenaza natural o antropogénica afectando su capacidad de respuesta y recuperación” (UNICEF, 2010). El nivel de la vulnerabilidad que posee una población varía y se pronuncia dependiendo al conocimiento o el desconocimiento que posee de las Normas, Leyes, medidas de autoprotección y medidas de reducción de riesgo existentes.

Para poder entender el riesgo debemos hacer primero la relación entre amenazas y las vulnerabilidades entonces podemos decir que riesgo es la probabilidad de que un evento potencialmente destructor ocasione daños con consecuencias desastrosas para la sociedad por consiguiente:

Riesgo = (Amenaza, vulnerabilidad) (UNICEF, 2010).

Entonces podemos decir que si eliminamos la vulnerabilidad y reducimos las amenazas de una determinada población o área de estudio, podemos manejar o reducir la presencia de riesgo que puede afectar a dicha población. Uno de los mayores riesgos a los que está expuesto el territorio ecuatoriano y el que ocasiona conmoción, destrucción, pérdida económica y humana a su paso es el terremoto.

### **2.2.1. Descripción del Cantón Chimbo**

El cantón Chimbo esta administrado por el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Chimbo.

- Fecha de creación del cantón: 3 de marzo 1863
- Población total al 2014: 15.779
- Extensión: 26.452.20 ha

#### **Límites**

- Norte: cantón Guaranda, provincia Bolívar
- Sur: cantón San Miguel, provincia Bolívar
- Este: cantón San Miguel, provincia Bolívar

- Oeste: cantón Montalvo (provincia de Los Ríos)
- Rango altitudinal: Chimbo tiene una altitud que va desde 500 hasta 3300 m.s.n.m (GAD, 2014).

#### **a. Relieve**

El relieve en el cantón Chimbo y sus diversas formas que tiene la corteza terrestre o litosfera en la superficie del cantón, tanto en relación con las tierras emergidas como al relieve submarino presenta las siguientes características, esto también se puede observar en Anexo A (GAD, 2014).

- En la zona hay terrenos débiles, planos o casi planos con pendientes de 0 % al 5 %.
- Zonas de esparcimiento, conos de deyección, con pendientes de un 5 % al 12 %.
- Existen zonas con ondulaciones moderadas e irregulares con pendientes mayores al 12 % al 25%.
- Parte de la zona topografía está entre colinado y quebrada fuertes con pendientes entre 25 % y 50 %.
- En áreas esparcidas existen pendientes muy fuertes y escarpados que varían de 50 % al 70%.
- En la zona alta la topografía es abrupta y montañosa con pendientes mayores al 70%.

#### **b. Geomorfología**

Nuestra área de estudio se encuentra rodeada de cerros de pendientes normales, planicies irregulares donde está situada la población urbana también está formado por montañas, valles y llanuras (GAD, 2014).

#### **c. Geología**

Los siguientes grupos geológicos son los que compone el suelo de nuestra área de estudio y que se puede observar en el Anexo B:

- **Formación Cangahua** está constituida por ceniza, lapilli y productos volcánicos por esta situación en nuestro área de estudio se presenta fino endurecido compuesta por vidrios volcánicos de color caqui amarillento, alterados por los procesos de meteorización, acompañado por minerales volcánicos (GAD, 2014).
- **Formación Latacunga** está formada por sedimentarios de la edad plaistocénica, conformada de materiales volcanoclásticos no consolidados de tobas y pómez además de formación aisladas las cuales se han depositado en diferentes cuencas lacustres (GAD, 2014).
- **Formación Altar** la mayoría de sus compuestos son andesitas, raramente se aprecian fluidos dacíticos (GAD, 2014).
- **Formación Volcánico Cotopaxi** está constituida por piroclastos, lahares y flujos de lava (GAD, 2014).
- **Formaciones Volcánicas Pisayambo** afloran depósitos mayormente de origen volcánico conformado por aglomerados gruesos, piroclásticos y flujos de lavas andesíticas (GAD, 2014).
- **Formación Macuchi** está cubierta de depósitos volcánicos. (GAD, 2014).

Por esta situación la geología de nuestra área de estudio está constituido por rocas de varias edades las cuales varían desde el pleistoceno hasta el cuaternario, el cual se caracteriza por la presencia de material sedimentado e intrusivo, adicionalmente los depósitos cuaternarios superficiales forman terrazas y lahares (GAD, 2014).

#### **d. Suelo**

El suelo del cantón Chimbo tiene un régimen de humedad lúdic e isotérmico, derivado de la ceniza volcánica de color negro limoso, con menos del 30% de arcilla ligeramente ácidos y con saturación de base es más de 50%

sobre 1m. de espesor de alto contenido de material piroplástico y con densidad de 0,9 a 1,3 gcc. Con un PH ligeramente acida 6,5 (GAD, 2014).

#### **e. Servicios Básicos**

El sistema de agua potable de Chimbo se abastece del río Guapungoto ubicado en el sitio del mismo nombre, perteneciente a la parroquia San Lorenzo del catón Guaranda, en el sector Catequilla está situada la planta de potabilización esta agua solo se trata mas no es potable, los beneficiarios de esta fuente son alrededor de 1.887 familias la distribución del líquido vital es de 18 horas y luego se realiza un periodo de corte minucioso por ende podemos decir que la satisfacción del servicio está en un 39,47%. (GAD, 2014).

El servicio de energía eléctrica llega a un 3,74% esto sucede por la falta de apoyo en cambios de redes y el aumento de las mismas para cumplir y satisfacer las necesidades básica (GAD, 2014), pero todo esto cambiara con el PROGRAMA DE ELECTRICIDAD RURAL Y URBANO MARGINAL FERUM-BID III de la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar mejorara a un 90% el servicio cubriendo así las necesidades de los usuarios. (CENEL-EP, 2017), de la misma manera la eliminación de las aguas servidas en el cantón es de 42,44% ya no toda la población cuenta con este servicio (GAD, 2014).

### 2.2.2. Ubicación de la zona de estudio

En la figura 3 se muestra la geo-referenciación del área de estudio que se encuentra entre las siguientes coordenadas:

X	Y
9813888,00	719547,00
9813917,00	719573,00
9813902,00	719541,00
9813902	719580,00



Figura 3 Georeferenciación de la Iglesia San Francisco  
Fuente: Imagen Satelital Google Earth.

El inmueble patrimonial Iglesia San Francisco tiene una área de 426m<sup>2</sup>; consta de una nave central y dos lateral entre los pilares y las paredes externas, este inmueble es considerado como una parte de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, misma que está ubicada en la parroquia San José del cantón Chimbo de la provincia Bolívar, que pertenece a la zona 5 a una altitud de 2450msnm. En el barrio San Francisco en la siguiente intersección de las calles Cristóbal Colon y 10 de Agosto. El cantón Chimbo está situado en una zona sísmica alta que está considerada con un valor del factor Z de 0,35 g. (Aceleración de la roca), es por esta situación que es considerada con un nivel alto de peligro sísmico.

El inmueble patrimonial está situado junto o forma parte de la Unidad Educativa Santa Marianita de Jesús que cuentan con 329 estudiantes, 17 docentes y 5 religiosas que viven en el convento que esta junto a la iglesia. En el último terremoto que ocurrió en el año 2016 afecto a la infraestructura, misma que se encuentra con daños y un posible colapso es por esta situación que los niños, docente, hermanitas y personas que asisten 2 veces por semana a la misa que se celebra en el lugar están siendo vulnerables.

### **2.2.3. Marco Legal**

Nuestro trabajo está amparado bajo Los siguientes instrumentos de leyes: Marco de Sendai, Ley de Patrimonial Cultural codificación UNESCO Constitución de la República del Ecuador, Normas Ecuatorianas de Construcción.

Cada uno de estas leyes y normas contienen los artículos que aplican en el campo y amparan la realización de nuestro trabajo.

- **Marco de Sendai**

Este trabajo de investigación que realizaremos está sustentado en la siguiente prioridad del Marco de Sendai;

Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia

Esencial 8: aumentar la capacidad de recuperación de infraestructura.

- Proteja o apoye la protección de la infraestructura que hace parte del patrimonio cultural de la ciudad (Naciones-Unidas, 2015).

- **Constitución de la República del Ecuador.**

El presente trabajo está amparado bajo los siguientes artículos de la Constitución:

**Art. 3.-** Numeral 7.- Proteger el Patrimonio Natural y Cultural del país

**Art. 4.-** Numeral 13.- Mantener, Recuperar, Proteger, Desarrollar y Preservar su patrimonio del Ecuador. El estado proveerá los recursos para el efecto.

**Art. 83.-** Numeral 13.- Conservar el patrimonio cultural y natural del país y cuidar y mantenerlos bienes públicos.

**Art. 269.-** Competencias Municipales, numeral 8.- Preservar mantener y difundir el patrimonio arquitectónico, cultural y natural del cantón y constituir los espacios públicos para estos fines.

**Art. 379.-** son partes del patrimonio cultural tangible e intangible relevante para la memoria e identidad de las personas y colectivos, y objeto de salvaguarda del estado, entre otros: Numeral 2.- las edificaciones, espacios y conjuntos urbanos, monumentos, sitios naturales, caminos, jardines y paisajes que constituyan referentes de identidad para los pueblos o que tengan valor histórico, artístico, arqueológico, etnográfico o paleontológico.

**Art. 380.-** Sera responsabilidad del Estado: Numeral 2.- promover la restitución y recuperación de los bienes patrimoniales expoliados, perdidos o degradados y asegurar el depósito legal de impresos audiovisuales y contenidos electrónicos de difusión masiva (Constitución-de-la-República-del-Ecuador, 2008).

## **Sección Novena**

**Art. 389.-** El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad (Constitución-de-la-República-del-Ecuador, 2008).

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría



a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.

2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.

3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.

5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.

6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo (Constitución-de-la-República-del-Ecuador, 2008).

**Art. 390.-** Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad (Constitución-de-la-República-del-Ecuador, 2008).

### 2.3. Definición de Términos (Glosario)

**Carga muerta:** “están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura” (NEC, 2015).

**Carga Viva:** “también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras” (NEC, 2015).

**Daño sísmico:** “es en grado de degradación o destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre las personas, los bienes, los sistemas de presentación de servicios y los sistemas naturales y sociales. Desde el punto de vista estructural, generalmente se relaciona con deformaciones irrecuperables (inelásticas), por lo tanto, cualquier variable de daños debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de deformación. La evaluación y la interpretación de los daños causados por un sismo surge de la necesidad de cuantificar y explicar los efectos de este fenómeno sobre los diferentes tipos de estructuras existentes” (Díaz, 2003).

**Factor (Z):** “El valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad” (NEC, 2015).

**Fisura:** “son roturas de distintas longitudes, espesores y profundidad, que aparecen en los elementos de la superficie o a su acabado y se manifiestan externamente como un desarrollo” (Perez Del Río, 2014).

**Grietas:** “son aberturas incontroladas que afecta a todo el espesor del muro” (Universidad Nacional de Colombia, 2011).

**Peligrosidad sísmica:** “Probabilidad de ocurrencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de una región determinada, movimientos

del suelo cuyos parámetros: aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados. Rigidez es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y desplazamiento” (NEC, 2015).

**Rigidez:** “es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y desplazamiento” (NEC, 2015).

**Vulnerabilidad:** “se define como la condición de fragilidad o susceptibilidad determinada por factores físicos, económicos, sociales, políticos y ambientales que caracteriza y predispone a un individuo o sociedad a sufrir serios daños en caso del impacto de una amenaza natural o antropogénica afectando su capacidad de recuperación” (UNICEF, 2010).

**Vulnerabilidad Estructural:** “es la susceptibilidad que presenta la estructura a posibles daños, en aquellas partes que mantiene en pie al inmueble patrimonial durante un sismo. Se puede concluir que el inmueble patrimonial es vulnerable frente a cualquier tipo de desastre por que fue construida sin ninguna norma técnica. La manera y estrategia para poder implementar las medidas de prevención y de mitigación en un inmueble patrimonial que ya esté construido se lo deberá hacer en la etapa de reparación, remodelación o mantenimiento del mismo” (Díaz, 2003).

**Espectro de respuesta:** “indican la respuesta máxima absoluta de osciladores simples de un grado de libertad con cierto amortiguamiento, ante una excitación sísmica, en función del período o frecuencia propia del oscilador. Dicha respuesta puede expresarse en términos de aceleración, velocidad o desplazamiento para los distintos periodos de movimiento” (Paz Tiguilla , 2012).

**Espectro elástico de diseño:** “son herramientas de gran utilidad en el diseño de construcciones sismo resistentes debido a que se puede estimar el valor máximo de la respuesta. Las curvas espectrales para diseño deben considerar el efecto varios terremotos, es decir deben ser representativos de la sismicidad propia de cada zona” (Crisafulli & Villafañe, 2002).

**Espectro de respuesta para diseño:** “el espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura. Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño” (NEC, 2015).

**Deriva de piso:** “Desplazamiento lateral relativo de un piso – en particular por la acción de una fuerza horizontal – con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Se calcula restando del desplazamiento del extremo superior el desplazamiento del extremo inferior del piso” (NEC, 2015).

**Período de Vibración:** “es el tiempo que transcurre dentro de un movimiento armónico ondulatorio, o vibratorio, para que el sistema vibratorio vuelva a su posición original considerada luego de un ciclo de oscilación” (NEC, 2015).

**Zonas Sísmicas:** “El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas, caracterizada por el valor del factor Z. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta” (NEC, 2015).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Nivel de la Investigación

De acuerdo a la naturaleza de este trabajo el nivel de investigación es descriptivo y experimental, ya que busca especificar las propiedades, las características del fenómeno a investigar. En el estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así (valga la redundancia) describir lo que se investiga (Hernández , Fernández , & Baptista , 2006).

También es experimental ya que vamos a buscar variables relaciones y condiciones en las que se manifiesta el fenómeno en el cual estamos interesadas, en otros términos, trataremos de encontrar indicadores que puedan servir para definir nuestro objeto de estudio.

#### 3.2. Diseño

Dentro del enfoque de nuestro trabajo para poder cumplir con el primer objetivo específico el diseño utilizado es la observación, ya que nos trasladamos al inmueble patrimonial para realizar el levantamiento del informe patológico de los daños estructurales existentes e incrementados a causa del terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016.

Con el segundo objetivo específico nuestro diseño de investigación es descriptiva cuantitativa ya que se procederá al levantamiento planimétrico de la estructura para elaborar el plano arquitectónico.

Para la evaluación del nivel de vulnerabilidad estructural que indica nuestro tercer objetivo el diseño que aplicaremos será el experimental, ya que procederemos al ingreso de los datos de la estructura para su modelamiento en el sistema informático Integrated Software For Structural Analysis And Desing.(SAP2000) Software Integrado para el Análisis Estructural y el Diseño, mediante lo anteriormente expuesto el sistema informático nos dará a conocer el comportamiento de la estructura en los movimientos sísmicos de X y Y en relación al plano cartesiano.

El diseño descriptivo es el que utilizaremos en el último objetivo, ya que haremos la propuesta del reforzamiento estructural del inmueble patrimonial detallando los materiales que se van a necesitar y plan de reducción de riesgos.

### **3.3. Población y Muestra**

El inmueble patrimonial Iglesia San Francisco tiene una área de 426m<sup>2</sup>; misma que consta de la siguiente manera largo 35m. y de ancho 12,07m; consta de una nave central y dos lateral entre los pilares y las paredes externas, este inmueble es considerado como una parte de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, misma que está ubicada en la parroquia San José del cantón Chimbo de la provincia Bolívar, que pertenece a la zona 5 a una altitud de 2450msnm. En el barrio San Francisco en la siguiente intersección de las calles Cristóbal Colon y 10 de Agosto. El cantón Chimbo está situado en una zona sísmica alta que está considerada con un valor del factor Z de 0,35 g. (Aceleración de la roca), es por esta situación que es considerada con un nivel alto de peligro sísmico.

El inmueble patrimonial está situado junto o forma parte de la Unidad Educativa Santa Marianita de Jesús que cuentan con 329 estudiantes, 17 docentes y 5 religiosas que viven en el convento que esta junto a la iglesia. En el último terremoto que ocurrió en el año 2016 afecto a la infraestructura, misma que se encuentra con daños y un posible colapso es por esta situación que los niños, docente, hermanitas y personas que asisten 2 veces por semana a la misa que se celebra en el lugar están siendo vulnerables.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos**

Para la elaboración de este trabajo las técnicas e instrumentos que utilizamos son las siguientes:

- Fichas de observación directa del inmueble patrimonial
- Entrevistas a las religiosas que habitan en la iglesia
- Registro del levantamiento planímetro del inmueble patrimonial con un distensiómetro laser y cinta métrica de tipo manguera

### **3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos (estadístico utilizado), para cada uno de los objetivos específicos.**

Para poder elaborar el primer objetivo que es el informe de patologías del inmueble patrimonial, se realizó mediante la observación minuciosa y directa de los daños que presenta la iglesia y se documentó fotográficamente.

En la elaboración del plano arquitectónico la técnica que se utilizó fue la medición con una herramienta láser y cinta, de todo el inmueble patrimonial, se fueron introduciendo los datos recolectados de las medidas en el sistema informático AutoCAD 2015, que gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos y otros) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo, procesa imágenes de tipo vectorial donde se dibujan figuras básicas o primitivas diseñando la estructura total (Joseph, 2010).

Para la evaluación del nivel de vulnerabilidad estructural se toma como referencia las zonas sísmicas de las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC, 2015), las medidas del inmueble patrimonial son ingresadas en el sistema SAP2000, que es un software de cálculo estructural en tres dimensiones a través del método matemático de elementos finitos capaz de modelar complejas geometrías, de esta manera el sistema nos da el modelamiento de la estructura obteniendo la geometría de la edificación.

Para la propuesta de medidas de reducción de riesgos que es el reforzamiento de la estructura del inmueble patrimonial, se contó con la asesoría técnica de un Ingeniero Civil, que nos indicó los materiales y cantidad de los mismos que se necesitan, también realizamos el modelamiento en el sistema SAP 2000 de la estructura ya reforzada para verificar cuál es su comportamiento y ver si cumple con los requerimientos mínimos de sismo resistencia recomendadas por las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC 2015), se realizó un plan integral de reducción de riesgos considerando todas las vulnerabilidades y evaluándolas con la metodología PNUD 2012 que consiste en dos etapas: la primera, en la caracterización de la cobertura geografía de las amenazas y la segunda, que es el análisis de las vulnerabilidades y capacidades a nivel local.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

#### 4.1. Resultados del objetivo 1

##### 4.1.1. Descripción de la patología del inmueble patrimonial

Mediante la observación de los daños estructurales existentes e incrementados a causa del fenómeno sísmico ocurrido el 16 de abril del 2016.

La edificación es una iglesia de aproximadamente 426 m<sup>2</sup> en planta. (Foto 1), consta de una nave central y dos laterales, entre los pilares y las paredes externas. La iglesia pertenece a la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús y está ubicada en la parroquia Central del cantón Chimbo de la provincia de Bolívar, en plena intersección de las calles Cristóbal Colón y 10 de Agosto.

El sistema estructural de la iglesia es de paredes portantes. Las paredes son construidas de adobón y tienen un espesor de 90 cm. El espesor de estas paredes disminuye en la parte superior, aproximadamente donde empieza la inclinación de la cubierta.

El sistema, tal como se encuentra, es adecuado para resistir cargas verticales, pero sin un reforzamiento no será capaz de resistir fuertes cargas laterales tales como las de un sismo; ya que el adobón no resiste fuerzas de tracción, que serían ocasionadas por dichas cargas.

Se tiene evidencia de que la última intervención realizada en la iglesia fue en el año 1920 y posterior en 1955. Dicha intervención consistió en la reconstrucción de ciertas partes de la edificación, pero no se ha hecho un reforzamiento de la estructura (Sant.Marianita, 2000).

Los pilares que forman parte de la estructura que sostiene la cubierta son de madera, de 15cm x 15cm de sección y están encerradas en una sección pentagonal más grande; la cual está conformada de láminas de madera y cumple sólo una función ornamental. Entre pilares existen arcos conformados con planchas de trípex, que así mismo, son ornamentales.



La cubierta es de teja que descansa sobre elementos de madera delgados y livianos, los cuales se apoyan sobre correas del mismo material, perpendiculares a los planos de las cerchas y que sirven para conectarlas.



Fotografía 1: Vista general de la iglesia San Francisco

Fuente: Recolección de datos

Autor: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017

En la fotografía 1 se puede ver que existe un cielo falso a dos niveles diferentes, el de la nave central está más alto que el de las naves laterales. Esto se debe a la conformación de la cercha de cubierta.

#### **a. Patologías Estructurales**

Las patologías estructurales se presentan como daños visibles en la estructura o como la manera en que está constituida, dando pie a potenciales fallas estructurales cuando ocurra un sismo. Las patologías estructurales conocidas deben evitarse en la etapa de diseño de una estructura, pero cuando la estructura ya tiene una o más patologías, éstas deben ser resueltas a manera de prevención para evitar daños en el futuro. La intervención para resolver las patologías debe realizarse tan pronto como sea posible, pues la ocurrencia de un sismo es impredecible.

## b. Configuración Estructural

Al revisar la configuración estructural, misma que se puede observar en la fotografía 2, una de las principales consideraciones que se debe tener es la forma en planta de la estructura, ya que si la estructura es irregular se tendrá la patología de torsión en planta.



Fotografía 2 Configuración estructural

Fuente: Recorrido de observación, vista interna del inmueble patrimonial.

Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017

Cuando una estructura tiene torsión en planta las fallas en los elementos son súbitas y no da tiempo de evacuación a los ocupantes.

Esta estructura en particular es bastante simétrica tanto en planta (tiene una forma rectangular) como respecto a planos verticales que pasan por la mitad de sus paredes externas. Si bien la estructura no es perfectamente simétrica, las aberturas en las ventanas y el espaciamiento entre ellas son, en su mayoría, regulares, lo cual no disminuye la condición de simetría de la estructura.

Debido a estas condiciones se puede decir que no presenta la patología de torsión en planta.

### **c. Distribución interna de paredes**

En este tipo de sistemas es muy importante tener paredes internas que ayuden a absorber el corte basal y que proporcionen rigidez a la estructura. Lo más aconsejable es que el área en planta de las paredes orientadas en un sentido sea equiparable al valor correspondiente en el sentido ortogonal. De esta manera se tiene una rigidez similar en ambos sentidos y no se deja un sentido muy flexible respecto al otro.

En esta iglesia no existen paredes internas que ayuden a absorber el corte basal en caso de un sismo. Sólo existen las 4 paredes que conforman el perímetro de la estructura. Esto hace que las paredes sean muy flexibles en sus puntos medios, a pesar del gran espesor que poseen.

Al aplicar una carga lateral, perpendicular al plano de un par de paredes, el otro par de paredes podría resistir bien debido a su longitud y espesor, pero las primeras paredes se deformarán mucho más y, como se dijo anteriormente, son más flexibles en sus puntos medios.

### **d. Asentamientos**

Cuando una parte de la cimentación desciende su nivel más que el resto de la cimentación, eso se conoce como un asentamiento. Lo deseable es que si la estructura se asienta, sea un asentamiento uniforme, es decir en igual cantidad en todos sus puntos.

Cuando un asentamiento ocurre se producen fisuras verticales en la mampostería y eso se encuentra evidenciado en esta iglesia.

### **e. Martilleo**

El efecto de martilleo se produce cuando una edificación baja está pegada a una edificación alta, como se puede observar en la fotografía 3. Los daños generalmente los sufre la edificación baja, ya que, en un evento sísmico,

el movimiento horizontal hace que la estructura alta golpee a la estructura baja y termine ocasionándole fisuras e incluso daños estructurales más graves.



Fotografía 3 Efecto martilleo.

Fuente: Recorrido de observación y Medición del inmueble.

Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017

Sin embargo, al estar construida la iglesia con un material que no resiste tracción (adobón) resultó ser la más afectada por este efecto y se lo puede evidenciar en la última fotografía 5 y 6 de la sección de fisuras, que corresponde a la ventana de la pared posterior (pegada a la estructura adyacente más baja) y también se puede apreciar una fisura por deslizamientos horizontales y se evidencia que no es sólo el recubrimiento que ha sufrido daño, sino también el mismo adobón. La cubierta de la estructura baja está casi al mismo nivel del borde inferior de esa ventana y el efecto de martilleo junto con los desplazamientos horizontales mencionados propició la aparición de esa fisura (ver fotografía 3).

Para evitar esta patología es recomendable que se deje un espacio entre la estructura alta y la baja, es decir, evitar construirlas adosadas.

## f. Síntomas

En la fotografía 4 se puede observar los síntomas de las patologías estructurales son principalmente evidentes en las fisuras en algunas partes de las paredes. A partir del sismo del 16 de abril de 2016 con epicentro en la provincia de Manabí algunas fisuras provocadas y otras ya existentes se acentuaron.



Fotografía 4 Síntomas presentes en la estructura  
Fuente: Recorrido de observación, fisura externa.  
Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017

Es conocido que las fisuras tienden a ocurrir en las esquinas de las aberturas, tales como los vértices de las ventanas. Y es precisamente lo que se observa en la imagen anterior, que indica unas fisuras en la esquina inferior izquierda de una de las ventanas de la fachada que da a la calle (fachada lateral izquierda). Esto se debe a la concentración de esfuerzos que se producen en las esquinas.

También es de conocimiento que en bordes redondeados no existe tal concentración de esfuerzos como en las esquinas y es menos probable que se presenten fisuras en esos lugares. Sin embargo, en este caso particular, también se presentaron fisuras en esos lugares.

Este efecto en esos lugares no era de esperarse. Si ha ocurrido puede deberse a la falta de cohesión en el material o quizá no se compactó lo suficiente en la etapa de construcción. En la imagen siguiente se observan varias fisuras en la parte superior del arco de una de las ventanas de la fachada posterior. La abertura de esta fisura en particular es considerable y genera (con justificada razón) inseguridad a los ocupantes de la edificación, por lo cual se encuentra apuntalada con una tabla y un par de pingos.

Esta solución provisional no es estable y no constituye una verdadera solución al problema. Las fisuras son visibles en varias partes de la iglesia (Ver fotografías 5 y 6). En vista de esto se requiere un reforzamiento para rigidizar la estructura y evitar que las grietas se sigan abriendo y agrandando.



Fotografía 5 Fisura parte Superior del arco.  
Fuente: Recorrido de observación.  
Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017



Fotografía 6 Fisura parte inferior del arco

Fuente: Recorrido de observación.

Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017

Una práctica conocida para estructuras de este tipo, construidas principalmente con tierra como materia prima, es colocar paja cada cierto espesor de las capas de tierra compactada y además con algún material natural que haga las veces de cementante. Así se logra que la paja actúe como fibras internas y mantenga unido al adobón. Se reduce la probabilidad de aparición de fisuras de esta manera.

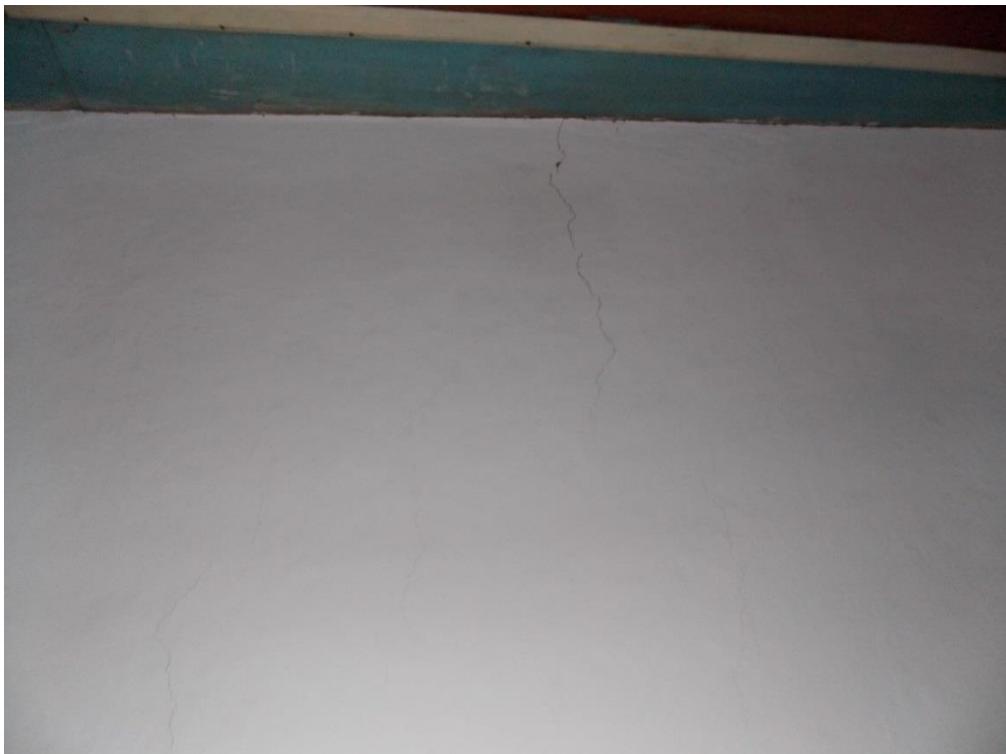
Las siguientes imágenes muestran fisuras en distintos sitios de la iglesia, como evidencia de los daños que ha sufrido y las condiciones actuales en que se encuentre.

De las últimas imágenes de fisuras mostradas, las verticales pueden corresponder a un asentamiento en la base de la estructura. En ese caso habría ocurrido un desplazamiento vertical de una parte de la estructura respecto de otra parte. Esto explicaría por qué hay fisuras en las partes curvas, donde no se esperaría este tipo de fenómeno (ver fotografías 7, 8, 9 y 10).

Las fisuras que siguen una trayectoria horizontal se deberían a un desplazamiento horizontal de una parte de la iglesia respecto a otra, como consecuencia de cargas sísmicas.



Fotografía 7 Fisura interna en la pared frontal  
Fuente: Recorrido de observación  
Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017



Fotografía 8 Fisura arco de ventana pared posterior.  
Fuente: Recorrido de observación.  
Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017





Fotografía 9 Fisura arco de ventana pared posterior 2  
Fuente: Recorrido de observación.  
Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017



Fotografía 10 Fisura en base de ventana pared posterior.  
Fuente: Recorrido de observación.  
Elaboración: Mendoza y Guaranda. 15-04-2017

## **4.2. Resultados del Objetivo 2**

### **4.2.1. Construcción del plano arquitectónico**

Este trabajo se lo realizo mediante levantamiento planimétrico de la estructura, utilizando el sistema informático de dibujo Autocad 2015, en el Anexo E se podrán observar los planos en tamaño más grande, se procedió a la elaboración de los planos del inmueble patrimonial.

a. Plano Planta Baja, Altillo, Cubierta.

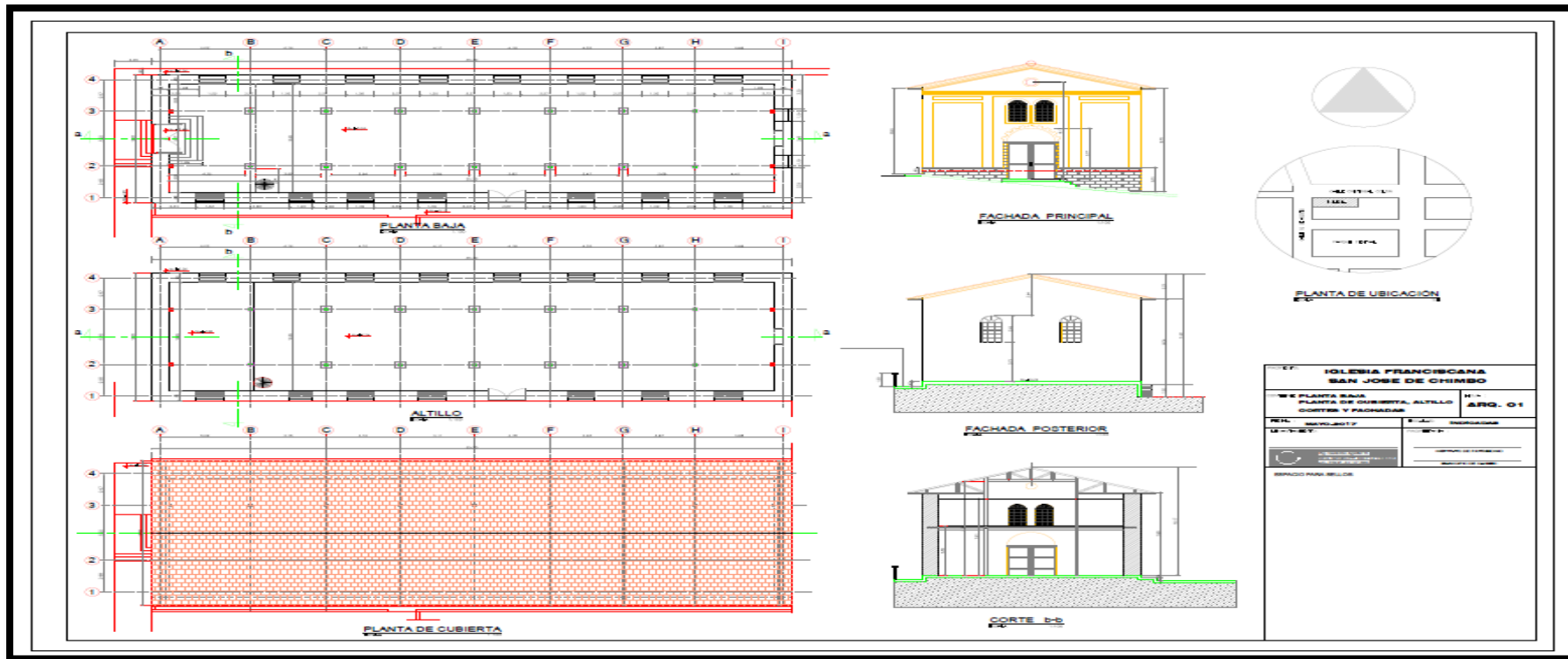


Figura 4 Plano General de la planta baja, altillo y cubierta

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

## b. Plano fachada lateral Derecha e Izquierda

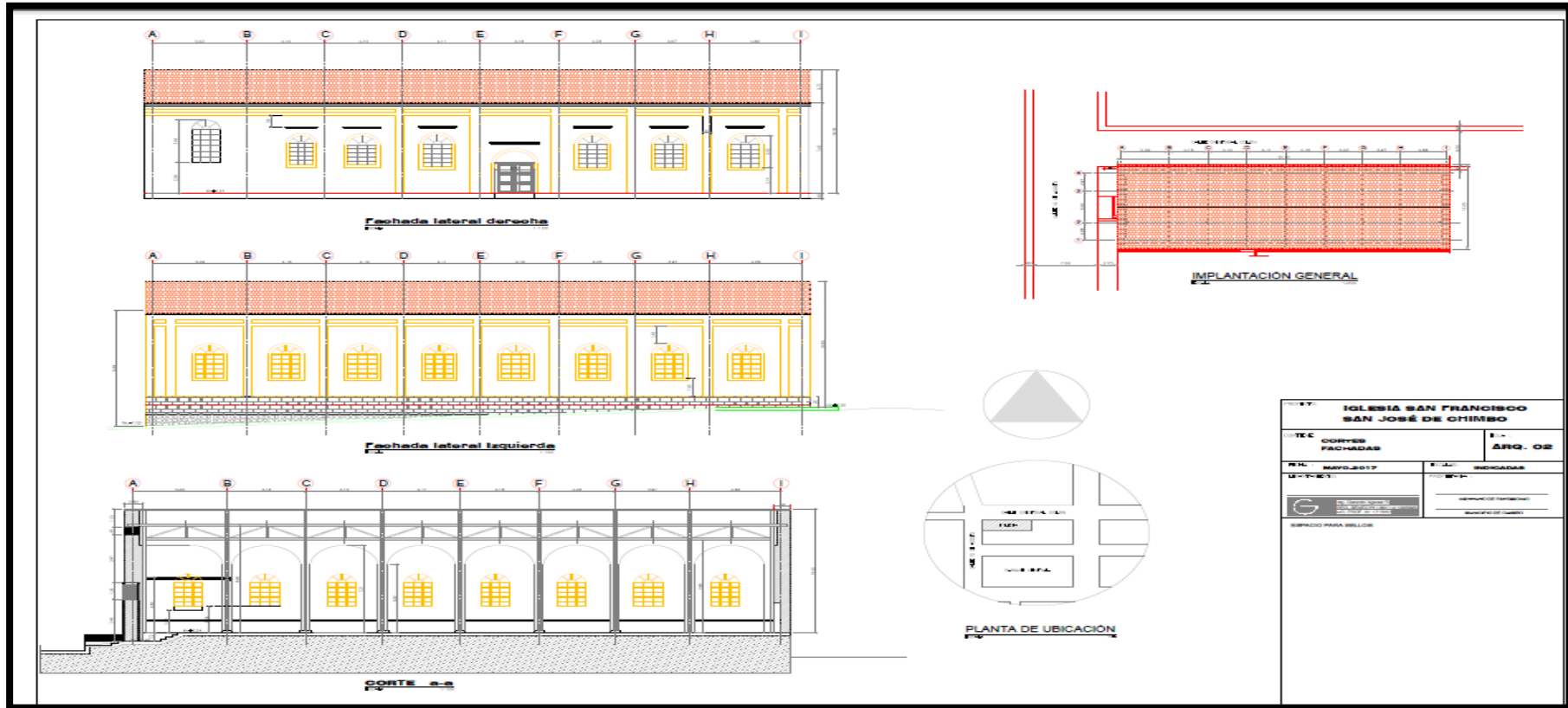


Figura 5 Plano General fachada lateral derecha e izquierda

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

### 4.3. Resultados del objetivo 3

#### 4.3.1. Evaluación de la vulnerabilidad de la estructura

Mediante el modelamiento en el programa de análisis y diseño SAP 2000 se realizó la evaluación de la vulnerabilidad que posee la Iglesia San Francisco.

##### a. Modelo estructural

La estructura se modela tridimensionalmente en el software de análisis y diseño estructural SAP2000, el cual determina los desplazamientos en los nudos y las acciones finales en sus miembros. Las cargas verticales son aplicadas de manera uniformemente distribuidas sobre la cubierta.

Se hace un modelo virtual para el análisis, considerando la conformación estructural, incluyendo todos los elementos estructurales dentro de la edificación.

A las paredes se las discretiza en áreas más pequeñas para tener un análisis de elementos finitos que pueda representar mejor la realidad.

Se va a colocar apoyos fijos tanto en la base de las pares como en los pies de columnas por considerar que no se encuentran totalmente empotrados en el suelo.

##### b. Propiedades de los materiales utilizados

Las propiedades mecánicas de los materiales utilizados para el análisis, y con los que está construida la edificación son:

- Adobón:
  - $f_m = 10 \text{ kg/cm}^2$
  - $E_a = 5\,000 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Relación de Poisson  $\nu$ : 0.25
  - $\Upsilon_t = 1.60 \text{ T/m}^3$ .
- Madera<sup>‡</sup>:
  - $E_m = 126\,355.53 \text{ kg/cm}^2$ .

---

<sup>‡</sup> Se ha tomado las propiedades típicas de una madera de eucalipto.

Relación de Poisson  $\nu$ : 0.4

$$\gamma_m = 0.81 \text{ T/m}^3.$$

Dónde:

$f'_m$ : Resistencia de compresión de la mampostería

$E_a$ : es módulo de elasticidad del agregado (adobón)

$\gamma_t$ : peso específico de la tierra (adobón)

$E_m$ : módulo de elasticidad de mampostería (madera)

$\gamma_m$ : pesos específico de la madera

### c. Geometría de la edificación

Fachadas: frontal y lateral izquierda para el modelamiento de la estructura (figura 6).

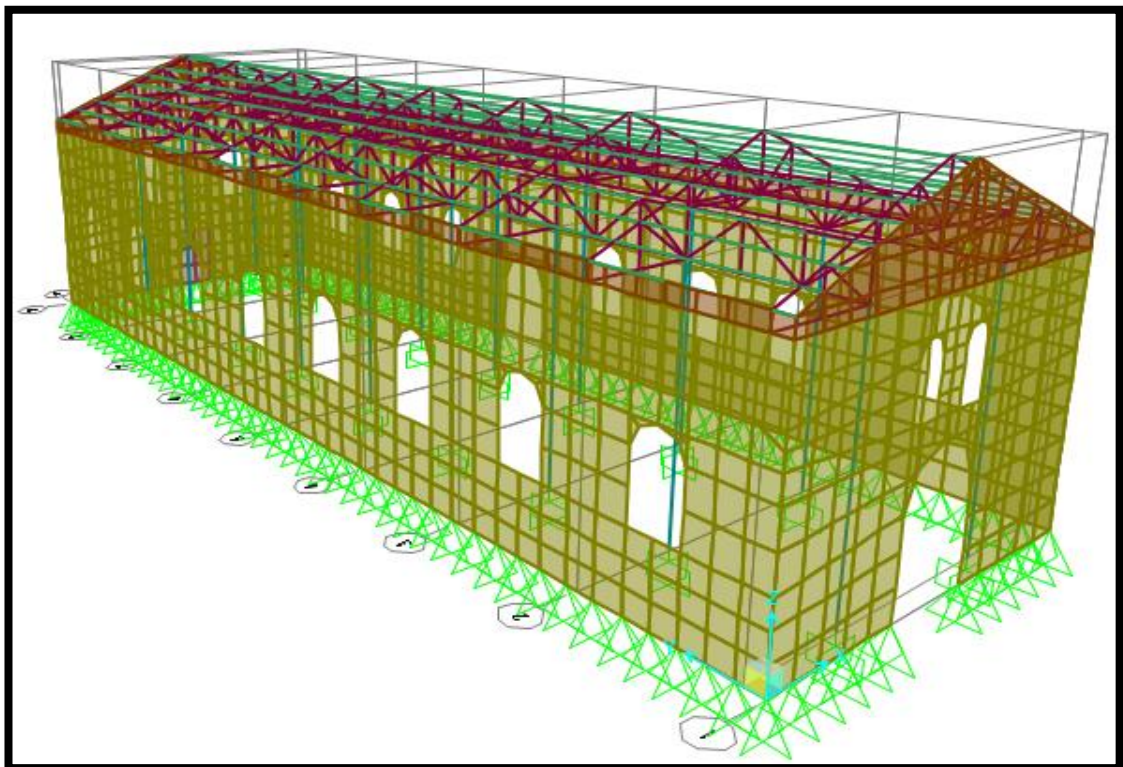


Figura 6 Fachada frontal y lateral izquierda

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

Fachadas: posterior y lateral derecha de la estructura. (Figura 7)

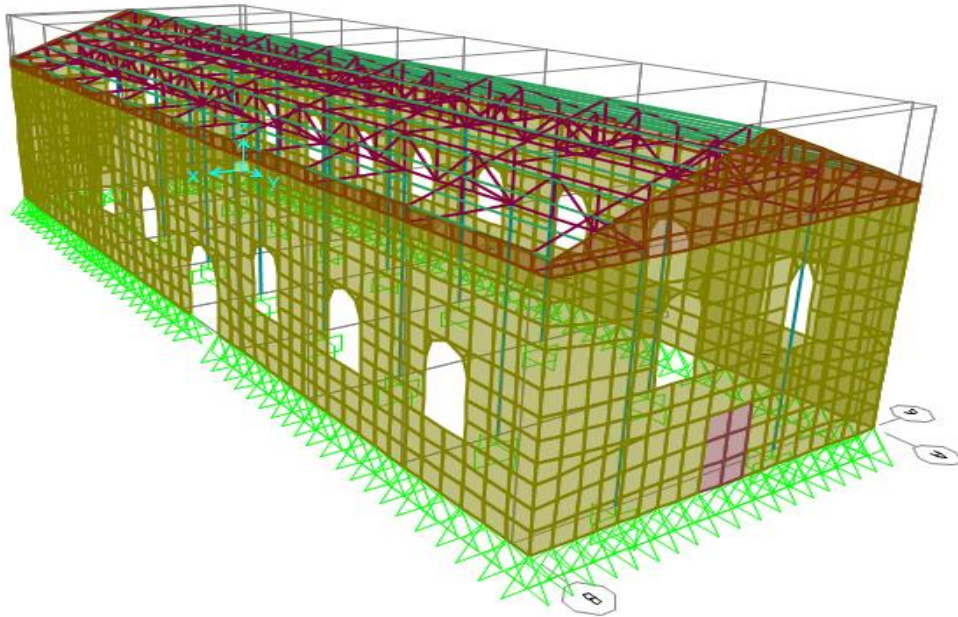


Figura 7 Fachada posterior y lateral  
Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

Vista extruida de la iglesia San Francisco del cantón Chimbo. (Figura 8)

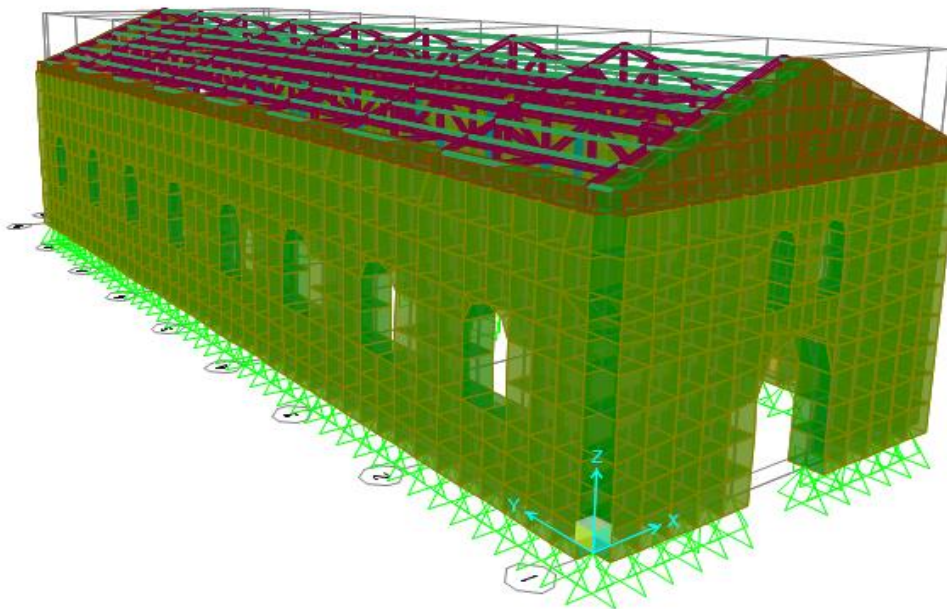


Figura 8 Vista extruida de la Iglesia San Francisco  
Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

#### d. Secciones usadas en el modelo

En el modelo se colocaron las secciones de los elementos tal y como se encuentran en la estructura actual: columnas de madera de 15cm x 15cm; cordones, parantes y diagonales de la cercha de madera de 8cm x 14cm y correas de madera de 8cm x 5 cm.

Sobre las correas, y en dirección perpendicular a ellas, se asientan maderas delgadas de 3cm x 3cm de sección que sirven de soporte directo para las tejas, pero no constan en el modelo ya que su peso y el de las tejas se ha aplicado directamente sobre las correas. (Ver figura 9). Las correas transmiten las cargas a los elementos de la cercha y ésta a su vez transmite las cargas a las paredes que finalmente transmiten las cargas al suelo.

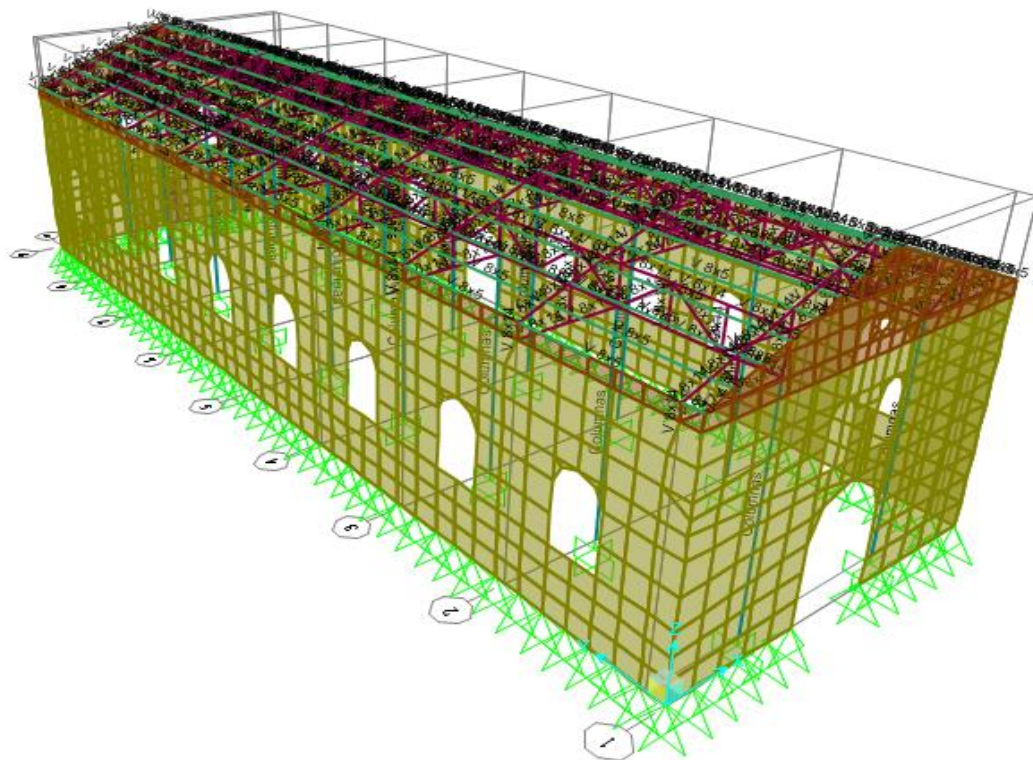


Figura 9 Secciones utilizadas para el modelo  
Fuente: Trabajo de campo, 20  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

### e. Cálculo de cargas

#### Carga muerta

El programa tiene la capacidad de automáticamente tomar en cuenta el peso propio de todos los elementos multiplicando el volumen de los mismos por el peso específico correspondiente al material del que están constituidos. Por lo tanto sólo es preciso calcular el peso de los objetos que representan una carga permanente para la estructura y no forman parte de ella.

La carga muerta se calcula, para este proyecto en particular, en dos partes: la carga a ser aplicada en las correas y la carga a ser aplicada en los cordones inferiores de las cerchas.

#### Carga a ser aplicada en las correas:

$$\begin{aligned}
 \text{Tejas} &= 160.00 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Maderas de soporte para tejas (3cm x 3cm)} &= [(6 \cdot (1 \cdot 0.03 \cdot 0.03) \cdot 0.81) / (1 \cdot 1)] \cdot 10^3 \\
 &= \underline{4.374 \text{ kg/m}^2} \\
 \text{Total} &= \mathbf{0.164 \text{ T/m}^2}
 \end{aligned}$$

La carga debida a maderas de soporte para tejas se ha calculado tomando en cuenta elementos de 1m de largo y el número de ellas que entran en 1m de ancho, sabiendo a su vez que están colocadas cada 20 cm.

Las cargas de cielo falso se calcularon con el peso de planchas de trípex, con un espesor de 6 mm para tomar una posición conservadora. El peso de los arcos (también hechos de trípex en cada cara del arco) entre los pilares se ha considerado equiparable al de todo el techo falso, así que se ha duplicado esa carga.

#### Carga a ser aplicada en el cordón inferior de las cerchas.

$$\begin{aligned}
 \text{Cielo falso trípex de 6mm} &= 10.44 \text{ kg} / (1.22 \cdot 2.44 \text{m}^2) = 3.51 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Arcos entre pilares} &= \underline{3.51 \text{ kg/m}^2} \\
 \text{Total} &= \mathbf{0.00701 \text{ T/m}^2}
 \end{aligned}$$



### Carga viva

Se ha considerado para carga viva lo siguiente:

$$\text{Carga de mantenimiento} = 70 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Eventual granizo o ceniza} = \underline{100 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{Total} = \mathbf{0.17 \text{ T/m}^2}$$

Ahora, esas cargas distribuidas por área deben ser transformadas en cargas linealmente distribuidas. Para ello se multiplica la carga distribuida por unidad de área por el ancho colaborante del elemento al que se le aplicará la carga linealmente distribuida.

Para el caso de las correas, se ha calculado las cargas nominándolas con letras minúsculas desde el eje A hacia el cumbrero y sus correspondientes del otro lado a manera de espejo, desde el eje B hacia el cumbrero.

De la siguiente figura 10, muestra en una vista espacial los valores de carga muerta asignados en correas y cordones inferiores, en T/m

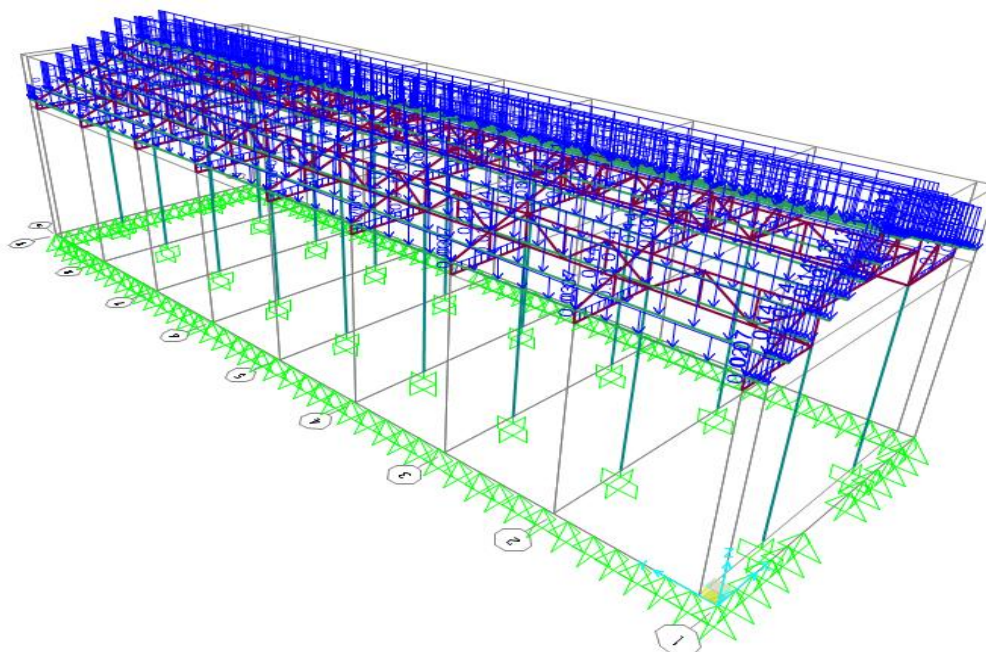


Figura 10 Valores de carga muerta asignados en correas y cordones inferiores.

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

### Carga laterales

Aplicando la norma NEC, 2015 se obtuvieron los siguientes parámetros que intervienen en el cálculo del porcentaje de la carga reactiva que constituirá el corte basal (ver tabla 1 y 2).

Tabla 1

*Parámetros para el cálculo del porcentaje de la carga reactiva o corte basal*

<b><math>h_n</math></b>	<b>10.42</b>	<b>M</b>
<b><math>C_t</math></b>	0.055	
<b>A</b>	0.75	
<b><math>T_{calc}</math></b>	0.319	Seg
<b><math>T_2</math></b>	1.578	Seg
<b>T</b>	0.415	Seg

Tabla 2

*Razón entre la aceleración espectral*

<b>Región</b>	<b>Sierra</b>
$\eta$	2.48

Dónde:

**$\eta$** : Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T=0.1s.$ ) y el PGA para el periodo seleccionado

**PGA**: Valor de la aceleración sísmica esperada en roca (Peak Ground Acceleration).

Dónde:

**$h_n$** : es la altura máxima de la edificación de  $n$  pisos medidas desde la base de la estructura.

**$C_t$** : coeficiente que depende del tipo de edificio

**$\alpha$** : exponente  $q$  está en la norma NEC, 2015

**T**: es el periodo fundamental de vibración de la estructura.

**T<sub>2</sub>**: es el valor del período de vibración fundamental del modelo obtenido con el programa, pero al ser mucho mayor que el máximo permitido (1.33 T calculado) se toma ese límite como el período de la estructura. En el cálculo del período de vibración fundamental se considera la masa propia de los elementos y la equivalente a la carga muerta adicional.

El hecho de que se haya tenido un valor alto de período implica que la estructura es muy flexible. Esto corrobora la suposición que se hizo al inicio al señalar que no se tienen paredes interiores que brinden rigidez a la estructura.

En la NEC, 215 consta que a la región de Chimbo en Bolívar le corresponde un valor de Z (ver tabla 3).

Tabla 3

*Aceleración máxima de la roca del cantón Chimbo*

<b>Zona sísmica</b>	<b>IV</b>
<b>Z</b>	0.35
<b>Amenaza sísmica</b>	<b>Alta</b>

Dónde:

**Z**: es la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad en gals.

Se ha asumido de manera conservadora que el suelo sobre el que está asentada la iglesia es de tipo D. Para este tipo de suelo y el valor de Z se tienen los correspondientes valores F<sub>a</sub>, F<sub>d</sub> y F<sub>s</sub> de ese suelo (ver tabla 4 y 5).

Tabla 4

*Tipos de suelo y sus valores según la NEC.*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>D</b>
<b>Fa</b>	1.25
<b>Fd</b>	1.28
<b>Fs</b>	1.19

Dónde:

**Fa:** es coeficiente de amplificación del suelo en las zonas de periodo corto.

**Fd:** es coeficiente de amplificación de suelo.

**Fs:** es coeficiente de amplificación de suelo considerando el comportamiento no lineal.

Tabla 5

*Valores del Periodo límite de vibración en el espectro sísmico*

<b>T<sub>c</sub></b>	<b>0.67</b>
<b>T<sub>L</sub></b>	3.07
<b>T<sub>0</sub></b>	0.12
<b>R</b>	1

Dónde:

**T<sub>c</sub>:** es periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

**T<sub>L</sub>:** es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de la aceleración que representa el sismo de diseño.

**T<sub>0</sub>:** es el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

**r:** Factor Usado en el espectro sísmico elástico (depende de la Ubicación geográfica de la zona de estudio)

A la institución a la cual pertenece la iglesia asisten 329 estudiantes entre niños y niñas y 17 docentes, además de 5 religiosas que viven en el convento que está junto a la iglesia. Esto da un total de 351 personas.

A la iglesia asisten a recibir misa grupos de aula en aula, por lo cual no está llena a su máxima capacidad. Sin embargo, no se puede descartar que eventualmente reciban misa todos los grupos simultáneamente. La norma dice

que para iglesias que albergan a más de trescientas personas el factor de importancia es I 1.3.

Por su parte, el coeficiente de reducción de respuesta sísmica R se ha tomado del documento American Society of Civil Engineering (ASCE 7-10) sociedad que traducido al español es Sociedad Americana de Ingeniería Civil. al no constar explícitamente en la NEC – SE y tiene un valor de 1.5 (Ver tabla 6).

Tabla 6

*Coeficiente de reducción de resistencia sísmica y de importancia*

Categoría	Otras Estructuras
<b>I</b>	1.3
<b>R</b>	1.5

Dónde:

**R:** es el factor de reducción de resistencia sísmica.

**I:** es considerado como factor de importancia

Esta edificación sólo tiene un piso y como ya se ha dicho anteriormente, es muy simétrica, por lo tanto se considera que no tiene irregularidades ni en planta ni en elevación.

Coeficiente para distribución de cargas sísmicas se representa con  $K = 1.00$

La norma señala que el valor de espectro de respuesta elástico de aceleraciones  $S_a$  se calcula como sigue:

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

Ecuación 1 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones

Fuente: NEC-SE-DS

Elaborado por Mendoza y Guaranda

Dónde:

**S<sub>a</sub>**: es el espectro de respuesta elástica de aceleraciones.

**η**: Razón entre la aceleración espectral S<sub>a</sub> (T= 0.1s.) y el PGA para el periodo seleccionado

**PGA**: es el valor de la aceleración sísmica esperada en roca (Peak Ground Acceleration).

**Z**: es la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad en gals.

**F<sub>a</sub>**: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.

**T**: Periodo fundamental de vibración de la estructura.

**T<sub>c</sub>**: Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

**r**: Factor Usado en el espectro sísmico elástico (depende de la Ubicación geográfica de la zona de estudio)

Con estos valores, y si consideramos el período de T = 0.415 seg, el cual es menor que el valor de T<sub>c</sub> = 0.67 se obtiene un valor de S<sub>a</sub> = 1.09, y un corte basal como fracción del peso de:

$$\frac{I \cdot S_a}{R \phi_P \phi_E} = 0.94$$

Ecuación 2 Corte Basal

Fuente: NEC-SE-DS

Elaborado por Mendoza y Guaranda

Dónde:

**I**: considerado como factor de importancia

**S<sub>a</sub>**: es espectro de respuesta elástica de aceleraciones.

**R**: es el factor de reducción de resistencia sísmica.

$\Phi_P$ : coeficiente de regularidad en planta.

$\Phi_E$ : coeficiente de regularidad en elevación.

Este último valor indica que el corte basal que tendrá que resistir la estructura tiene una magnitud equivalente al 94% del peso de la estructura. Ese peso incluye el peso propio de los elementos y el de la carga muerta adicional. Es un valor bastante alto en comparación con estructuras de hormigón armado o acero en las que este porcentaje usualmente no pasa del 30%.

Por otro lado, si consideramos que el período fundamental de la estructura es el obtenido del programa  $T = 1.578$  seg, el cual es alto por ser la estructura muy flexible y es mayor que  $T_c$ , se tiene un valor de  $S_a = 0.46$  y un corte basal como fracción del peso de:

$$\frac{I \cdot S_a}{R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E} = 0.399$$

La fórmula para obtener este valor ya está insertada en el SAP200. Este último valor es más razonable para la estructura y se trabajará con este. Aún es un valor alto, pero es de esperarse por el sistema estructural utilizado.

Corte basal como fracción del peso  $I \cdot S_a / (R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E) = 0.399$  (ver figura 11).

Base Reactions								
File View Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted					Base Reactions			
	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m
▶	DEAD	LinStatic	2.352E-14	-3.101E-13	1034.7125	17910.5698	-5754.16675	000000001533
	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m	XCentroidFX m	YCentroidFX m	ZCentroidFX m
▶	DEAD	LinStatic	0	0	0	0	0	0
	OutputCase Text	CaseType Text	XCentroidFY m	YCentroidFY m	ZCentroidFY m	XCentroidFZ m	YCentroidFZ m	ZCentroidFZ m
▶	DEAD	LinStatic	0	0	0	5.56113	17.3097	0

Figura 11 DEAD (peso propio + carga muerta adicional) corte basal.

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

De esta tabla de reacciones en la base obtenida del programa se observa que la suma de reacciones verticales para el caso DEAD (peso propio + carga muerta adicional) es 983.5411 Ton. Este es el valor que se convertirá en corte basal. Es decir, el corte basal es:

$$V = 0.399 \cdot 1\,034.7125$$

$$V = 413.33 \text{ ton}$$

Aplicación de cargas sísmicas en sentido X (ver Figura 12)

Figura 12 Aplicación de carga sísmica en sentido X.

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

Las cargas sísmicas estáticas en el sentido Y se aplicaron de manera similar a esta.



## f. Espectro

A continuación, se muestra el espectro que se generó con los valores anteriores y las fórmulas que indica la norma. (Ver fig. 8)

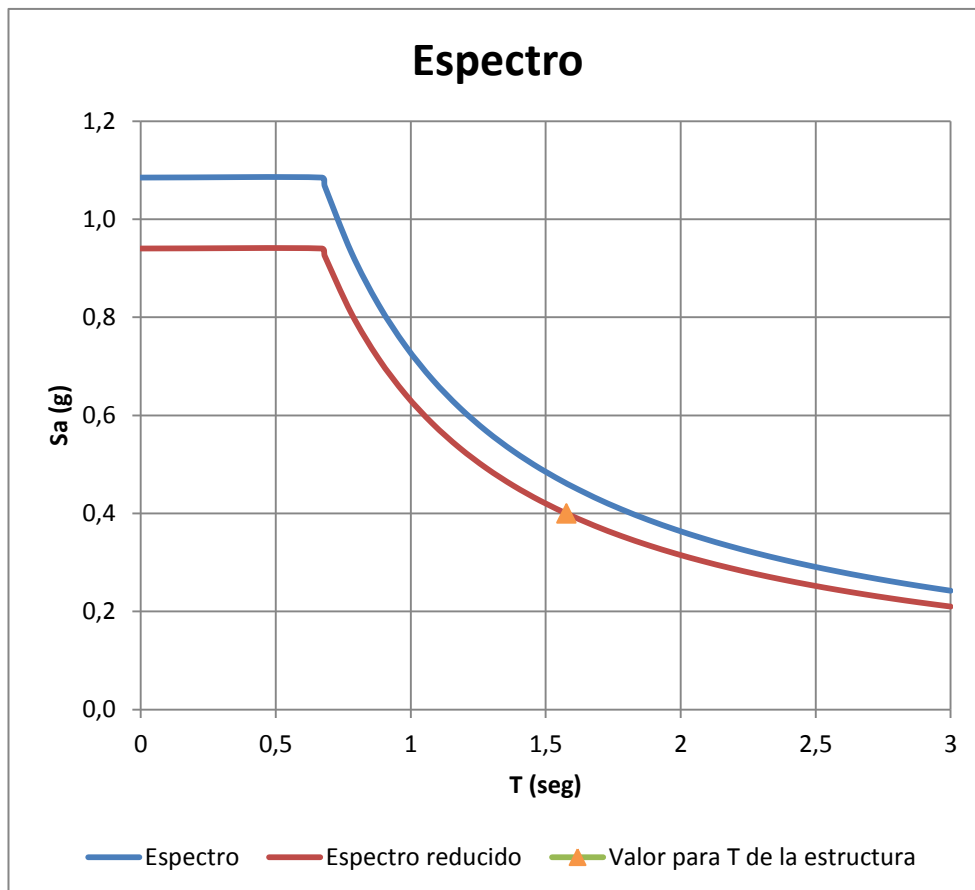


Figura 13 Espectro.  
 Fuente: Trabajo de campo, 2017  
 Autores: Mendoza y Guaranda  
 Diseño: Aguilar Israel

Lo que se muestra a continuación es la introducción del espectro de diseño en el modelo matemático. Son los valores de período en seg, en el eje de las abscisas y el valor de  $S_a$  reducido, como fracción de la gravedad, en las ordenadas.

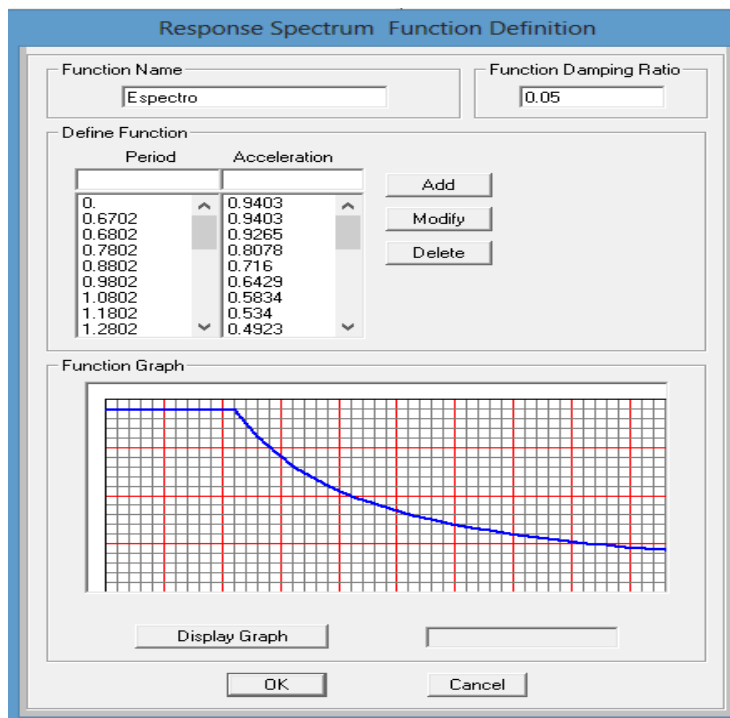


Figura 14 Valores de período en segundos

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

Se crea luego un caso de carga dinámica para cada sentido del sismo. Para muestra se presenta el caso para sismo dinámico en dirección X con el factor de amplificación que corresponde al valor de la gravedad, ya que en el espectro se introdujo los valores como fracción de la gravedad. Desde luego, se tuvo la precaución de estar trabajando con la longitud en m para que la aceleración esté en  $m/s^2$ . Para el sentido Y es similar, pero debe cambiarse U1 por U2.

**g. Modos de vibración**

En la figura 14 se muestran a continuación, doce modos de vibración. Como se puede observar, no se tiene un gran porcentaje de participación de masa en traslación para los dos primeros modos; sin embargo, tanto en el primer como segundo modo, es el movimiento traslacional el que prevalece.

En el doceavo modo se llega a una participación de las masas de hasta alrededor de un 55%. Esto puede deberse a que la estructura es muy flexible y empieza en el primer modo con un valor alto de período.

Modal Participating Mass Ratios																
File View Format-Filter-Sort Select Options																
Units: As Noted																
	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	RY Unitless	RZ Unitless	SumRX Unitless	SumRY Unitless	SumRZ Unitless
▶	MODAL	Mode	1	1.577664	0.458	1.00000008607	0.00000005496	0.458	1.00000008607	0.00000005496	0.00000002469	0.036	0.00005612	0.00000002469	0.036	0.00005612
	MODAL	Mode	2	1.224066	1.00000001476	0.064	0.00000001265	0.458	0.064	0.00000006762	0.009608	0.00000001427	0.000000468	0.009608	0.036	0.00005659
	MODAL	Mode	3	0.760657	0.0000001853	0.0000000314	0.00000005438	0.458	0.064	0.00000006114	0.00000007988	0.000001078	0.197	0.009608	0.036	0.197
	MODAL	Mode	4	0.63056	1.00000007101	0.00006113	0.00000001522	0.458	0.064	0.00000007636	0.000007309	0.00000006125	0.002793	0.009616	0.036	0.2
	MODAL	Mode	5	0.451472	0.081	0.000003602	1.00000001458	0.539	0.064	1.00000001534	1.00000003769	0.007121	0.00009058	0.009616	0.044	0.2
	MODAL	Mode	6	0.424476	0.0000003678	0.016	0.00000001622	0.539	0.081	1.00000001696	0.0007385	0.0000000286	0.000000179	0.01	0.044	0.2
	MODAL	Mode	7	0.404928	0.000005597	0.093	0.0000128	0.539	0.173	0.00001281	0.002095	0.0000003796	0.000001791	0.012	0.044	0.2
	MODAL	Mode	8	0.401105	0.000001837	0.056	0.00002302	0.539	0.229	0.00003584	0.001154	0.00000007822	0.0000009602	0.014	0.044	0.2
	MODAL	Mode	9	0.341662	0.00000245	0.000003404	0.0005552	0.539	0.229	0.000591	1.00000002201	0.0000003748	0.0000008978	0.014	0.044	0.2
	MODAL	Mode	10	0.303494	0.0000007954	0.003565	1.00000004035	0.539	0.233	0.000591	0.0007329	1.00000005177	0.053	0.014	0.044	0.253
	MODAL	Mode	11	0.302121	0.00003056	0.003768	0.00000007734	0.539	0.236	0.000591	0.0007757	0.00000003242	0.049	0.015	0.044	0.302
	MODAL	Mode	12	0.260567	0.000000227	0.00001717	0.00000006379	0.539	0.236	0.000591	0.000002069	1.00000001404	0.0009104	0.015	0.044	0.303

Figura 15 Modos de vibración.  
 Fuente: Trabajo de campo, 2017  
 Autores: Mendoza y Guaranda  
 Diseño: Aguilar Israel

### h. Derivas de piso

Debido a que el software SAP2000 no despliega directamente una tabla de derivas de piso, para cada dirección, se analizó el desplazamiento de cada punto que forma parte de la estructura resistente, individualmente, para crear la siguiente tabla de derivas:(ver tabla 7 y 8).

Deriva máxima para sismo en dirección X en relación al plano cartesiano.

Tabla 7  
Deriva máxima de desplazamiento.

Nv.	Desplazamientos		Despl. Máx.	$\Delta X$	$\Delta h$	Deriva máx.
	Máx X	Mín X	X			X
<b>8.05</b>	0.559848	0	0.559848	0.559848	8.05	0.069546335
<b>0</b>			0			

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

Tabla 8  
Deriva de piso en Y.

Nv.	Desplazamientos		Despl. Máx.	$\Delta Y$	$\Delta h$	Deriva máx.
	Máx Y	Mín Y	Y			Y
<b>10.42</b>	0.052199	0	0.052199	0.052199	10.42	0.005009501
<b>0</b>			0			

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

Las derivas se obtienen al dividir el desplazamiento relativo de un piso respecto del piso inmediatamente inferior entre la distancia vertical que existe entre ambos pisos.

El punto con mayor desplazamiento en dirección X en relación al plano cartesiano no es el mismo que en dirección Y en relación al plano cartesiano y se encuentran a diferente altura, por eso se ha tenido que hacer una tabla separada para cada uno. Para cargas laterales estáticas, el punto con mayor desplazamiento en X en relación al plano cartesiano se encuentra en el punto más alto de la fachada lateral derecha y el punto con mayor desplazamiento en Y en relación al plano cartesiano está justo en el vértice del cumbrero de la fachada frontal.

Como era de esperarse, la deriva en X en relación al plano cartesiano es mayor que en Y en relación al plano cartesiano, ya que la estructura es más flexible en ese sentido. Por su longitud, las paredes laterales son mucho más rígidas en su plano que la frontal y la posterior. Recordar que la dirección X en relación al plano cartesiano del modelo matemático es paralela a las fachadas frontal y posterior de la iglesia y la dirección Y en relación al plano cartesiano es paralelo a las fachadas laterales.

En resumen:

Deriva máxima en X = 0.069546335

Deriva máxima en Y = 0.005009501

De acuerdo a la NEC, 2015 el límite de deriva se calcula según la ecuación:

$$\Delta_M = 0.75 \cdot R \cdot \Delta_E$$

Formula 3

Fuente: NEC-SE-DS

Elaborado por Mendoza y Guaranda

Dónde:

$\Delta_M$ : Deriva de entrepiso inelásticas máximas (desplazamiento máximos horizontales inelásticos)

**R**: es el factor de reducción de resistencia sísmica.

$\Delta_E$ : se refiere a fuerzas laterales de diseño reducidas.

En el caso de esta estructura:  $\Delta_M = 0.01$  por ser estructura de mampostería. R que equivale a 1.5

$$\Delta_E = \frac{0.01}{0.75 \cdot 1.5} = 0.008889$$

Como puede observarse, la deriva en Y en relación al plano cartesiano está por debajo del límite permitido por la norma; sin embargo, la deriva en X en relación al plano cartesiano excede por mucho ese límite.

### i. Estructura deformada

En la figura 15 se puede observar la vista tridimensional de la estructura deformada por cargas de servicio (D+L).

Dónde:

**D:** representa a la carga muerta total de la estructura

**L:** sobrecarga (carga viva)

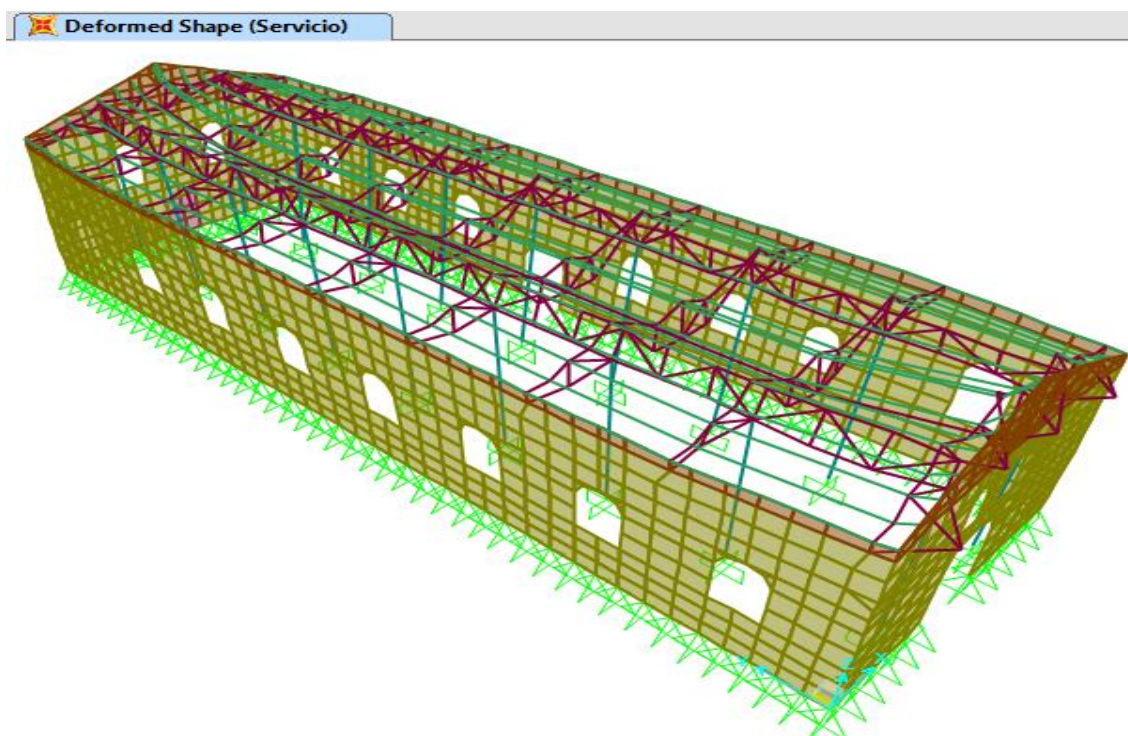


Figura 16 Estructura deformada.  
Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

Estructura deformada por sismo en dirección X en relación al plano cartesiano

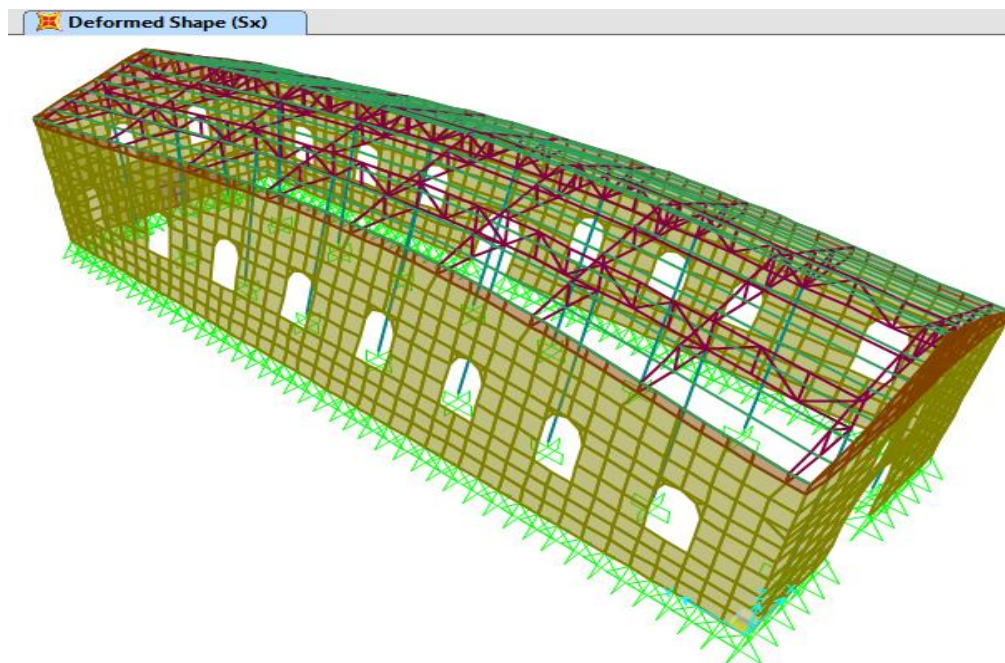


Figura 17 Estructura deformada por sismo en X  
Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

Estructura deformada por sismo en dirección Y en relación al plano cartesiano

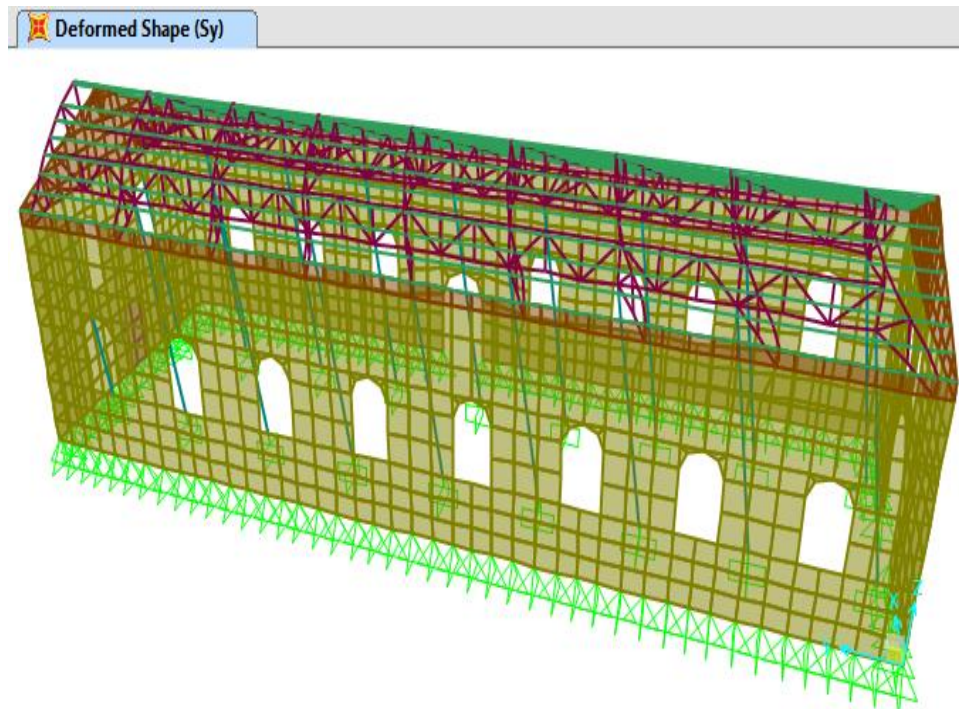


Figura 18 Estructura deformada por sismo en Y.  
Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

## j. Deflexiones

Las deflexiones para cargas de servicio más críticas en las cerchas están en el cordón inferior, debajo del parante del cumbrero. De todas ellas la mayor deflexión ocurre en el eje 3, como se muestra a continuación en la figura 18.

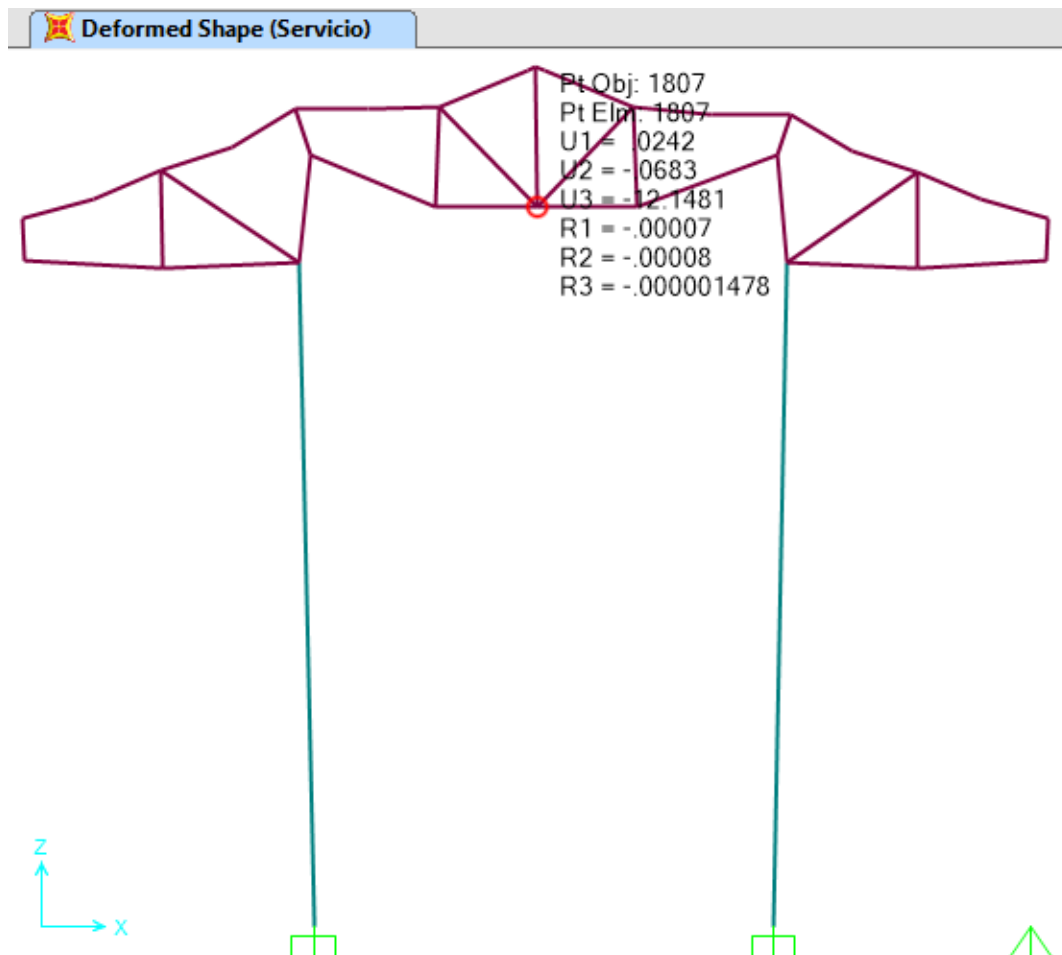


Figura 19 Deflexiones  
 Fuente: Trabajo de campo, 2017  
 Autores: Mendoza y Guaranda  
 Diseño: Aguilar Israel

La figura 18 muestra un desplazamiento vertical de 12.15 mm en ese punto del cordón inferior de la cercha.

Para cargas de servicio, la deflexión máxima permitida es de  $L/360$ , donde  $L$  es la longitud del elemento. Así, para este caso la longitud entre pilares es de 5.19 m o 5 190 mm y la deflexión máxima permitida es de  $5\ 190\ \text{mm} / 360 = 14.42\ \text{mm}$ . Se observa claramente que la deflexión máxima es menor al límite permitido, así que no se tiene deficiencia de rigidez en los elementos de las cerchas.



**k. Matriz de Resumen del Estudio de la Vulnerabilidad ante Sismos del Inmueble Patrimonial, Iglesia San Francisco**

Tabla 9 Cuadro de resumen de la Evaluación de la Vulnerabilidad de la Estructura.

Indicadores	Medidas	Propiedades mecánicas de los materiales para el análisis	Carga a aplicarse a toda la estructura y sus valores	Resultados	Comparación de resultados para determinar la vulnerabilidad según NEC, 2015	Nivel de Vulnerabilidad
<b>Adobón</b>	90cm. 70cm. 30cm.	$f_m = 10 \text{ kg./cm}^2$ $E_a = 5000 \text{ kg/cm}^2$ Relación de Poisson $\nu = 0,25$ $\gamma_t = 1.60 \text{ T/m}^3$ .	Carga Muerta= $0,17401 \text{ T/m}^2$  Carga Viva= $0,17 \text{ T/m}^2$	Deriva $X = 0,069546335$ $Y = 0,005009501$	$\Delta_M = 0.75 \cdot R \cdot \Delta_E$  $\Delta_E = 0,008889$	<b>ALTA</b>
<b>Madera</b>	15cm. x 15cm.	$E_m = 126 \ 355.53$ $\text{kg/cm}^2$ .	Carga Lateral reactiva o corte basal $V = 0,49$	Desplazamiento $D = 12,15 \text{ mm}$ .	Desplazamiento $14,42 \text{ mm}$	
<b>Cerchas</b>	8cm. x 14cm.	Relación de Poisson	$V = 0,399 * 1034,7125$			
<b>Correas</b>	8cm. x 5cm.	$\nu = 0.4$ $\gamma_m = 0.81 \text{ T/m}^3$ .	entonces $V = 413,33$ Toneladas.			
<b>Madera Delgada</b>	3cm. X 3cm.					

Fuente: Trabajo de campo, 2017 y NEC, 2015

Autores: Mendoza y Guaranda

#### 4.4.Resultado del objetivo 4

##### 4.4.1. Medidas de reducción de riesgos para el mejoramiento del desempeño estructural, ante sismo del inmueble patrimonial.

###### a. Modelo reforzado

El modelo reforzado se ha hecho a partir del modelo de la estructura en estado actual. Lo único que ha cambiado son los materiales y espesores de las paredes en las regiones donde se debe efectuar el enchapado, el presupuesto detallado que se requiere para la ejecución del Modelo de reforzamiento se detalla en el Anexo F.

###### Definición de materiales y secciones de refuerzo

$$Y_{\text{adobón}} = 1.6 \text{ T/m}^3$$

$$E_{\text{adobón}} = 5\,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$Y_{\text{mortero de enchape}} = 2.4 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Resistencia del mortero de enchape } f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{\text{enchape}} = 12\,000 \cdot (f'_c_{\text{enchape}})^{1/2} = 141\,985.91 \text{ kg/cm}^2$$

Dónde:

$f'_c$ : compresión paralela

**E**: es modulo de elasticidad del adobón

**Y**: peso espectro de mortero de enchape

**Y**: pesos especifico de adobón

En cuanto al espesor de las paredes que se usarán en el modelo se debe hallar un espesor equivalente, ya que la realidad es que el adobón está entre dos capas de mortero, el cual tiene más resistencia que el primer material. La pared modelada será de un solo material y por lo tanto se busca un espesor que

siendo de este material único equivalga en inercia a los materiales que en la realidad están combinados.

En vista de que en toda la estructura hay 3 espesores de adobón diferentes (90 cm, 70 cm y 30 cm) se debe calcular un espesor equivalente de la pared reforzada para cada uno de esos espesores.

Se va a usar el módulo de elasticidad del material mortero para las paredes. Se explicará el caso para la pared de 90 cm reforzada. (Ver tabla 6) en la que se muestran las inercias de cada capa (mortero – adobón – mortero) calculadas respecto al centro geométrico, que coincide con el centro de gravedad. El propósito de esto es calcular una inercia ponderada respecto al módulo de elasticidad de cada material. Una vez obtenida esta inercia se debe igualar a la inercia real de la sección de la pared y así obtener el espesor equivalente.

Tabla 10

*Valor de la inercia de cada capa de reforzamiento.*

Sección	b (m)	A (m <sup>2</sup> )	Y (m)	I <sub>cg</sub> (m <sup>4</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	I*E
1	0.030	0.03	0.465	0.0065	141985.91	921.35
2	0.900	0.90	0	0.0608	5000	303.75
3	0.030	0.03	-0.465	0.0065	141985.91	921.35
Total				0.0737		2146.44

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

La inercia equivalente será:

$$I_{eq} = \frac{\sum I \cdot E}{E_{enchape}}$$

Formula 4

Fuente: NEC-SE-DS

Elaborado por Mendoza y Guaranda

$$I_{eq} = 0.0151 \text{ m}^4$$

$$b_{eq} = 0.57 \text{ m}$$

Dónde:

**I:** es considerado como factor de importancia

**E<sub>enchape</sub>:** es modulo de elasticidad del enchape

**E:** es modulo de elasticidad

**b<sub>eq</sub>:** es Espesor equivalente

Ahora, con ese espesor equivalente el peso no será igual al de la pared reforzada en la realidad. Así que es necesario calcular también un peso específico equivalente para el material del que va a estar conformada la pared reforzada. De esta manera se hace necesario tener un material y una sección para cada espesor de pared reforzada.

Calculando el peso de  $1\text{m}^2$  de pared real con los respectivos espesores y pesos específicos de cada capa, se obtuvo que para la pared de 90 cm reforzada el peso total sea:

$$P_{total} = 1.584 \text{ Ton}$$

El volumen de la pared equivalente ( $e = 57 \text{ cm}$ ) es:

$$V_{equiv} = 0.57 \text{ m}^3$$

Para que una pared de ese volumen pese lo mismo que la pared real, el peso específico debe ser:

$$\gamma_{equiv} = 2.80 \text{ T/m}^3$$

Dónde:

**P<sub>total</sub>:** es peso total

**V<sub>equiv</sub>:** es volumen equivalente

Para el resto de espesores de pared se ha calculado de manera similar. A continuación en la tabla 7 se da el resumen de los valores utilizados en los materiales y secciones de paredes del modelo reforzado.

Tabla 11  
*Valor de espesor de pared del modelo reforzado.*

<b>e adobón</b>	<b>e enchapado</b>	<b>b equiv</b>	<b>Y equiv</b>
<b>Cm</b>	<b>Cm</b>	<b>Cm</b>	<b>T/m<sup>3</sup></b>
<b>90</b>	3	57	2.8
<b>70</b>	3	48	2.65
<b>30</b>	3	27	2.28

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

Como se puede ver, a cada espesor de pared reforzada le corresponde una sección con un espesor b equivalente y un material con un peso específico Y equivalente.

### **b. Geometría de la edificación reforzada**

Fachadas: frontal y lateral izquierda

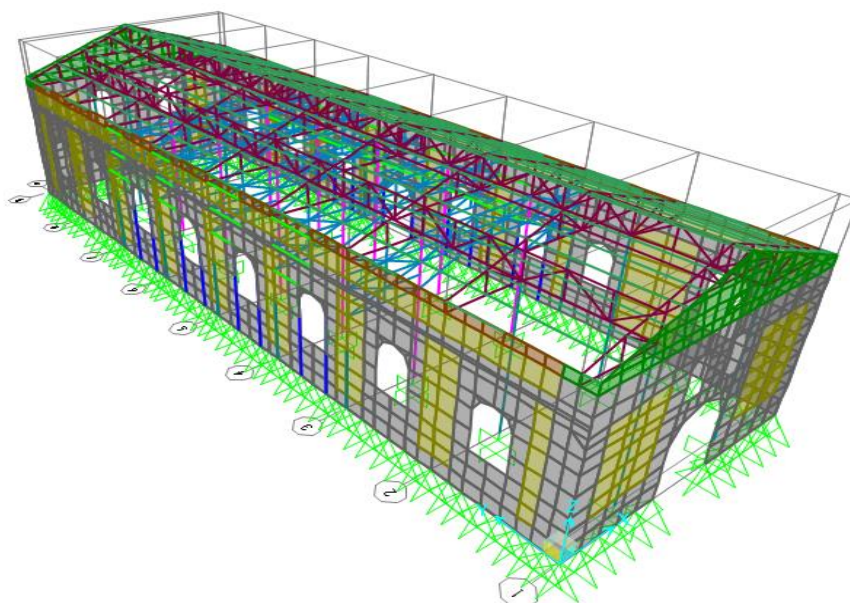


Figura 20 Fachada frontal y lateral izquierda reforzada.

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

Fachadas: posterior y lateral derecha

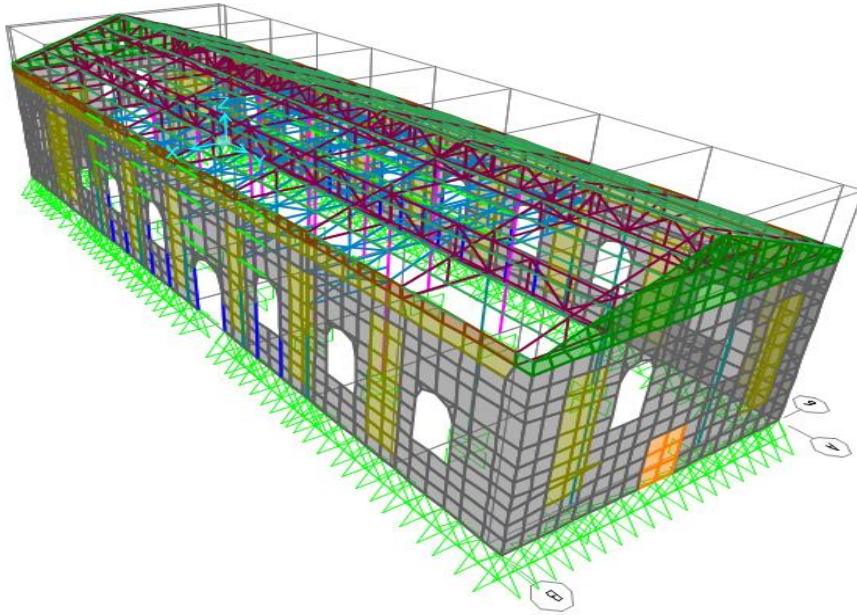


Figura 21 Fachada posterior y lateral derecha reforzada.  
Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

Vista extruida

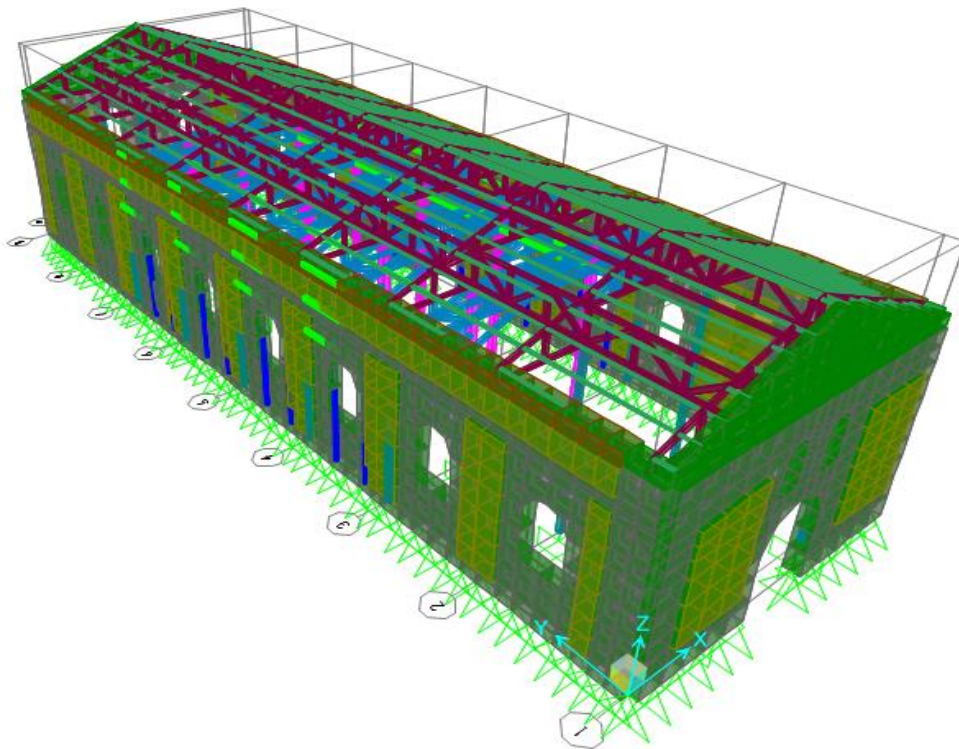


Figura 22 Vista extruida. Fuente:  
Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

### c. Cálculo de cargas

Las cargas verticales son las mismas que para el caso de la estructura no reforzada, los valores que cambian son el período fundamental de la estructura y el factor R de reducción de respuesta sísmica que corresponde a mampostería reforzada, según la NEC, 2015.

$$T_2 = 0.98 \text{ seg}$$

$$R = 3$$

Con estos valores se tiene un  $S_a = 0.74$ . Consecuentemente el corte basal como fracción del peso es:

$$\frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} = 0.321$$

Con el enchape, el peso de la estructura se muestra en la siguiente figura 23:

Base Reactions								
File View Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted			Base Reactions					
	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m
▶	DEAD	LinStatic	-8.292E-13	-2.125E-13	1119.9464	19429.38682	-6240.68572	000000004927
	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m	XCentroidFX m	YCentroidFX m	ZCentroidFX m
▶	DEAD	LinStatic	0	0	0	0	0	0
	OutputCase Text	CaseType Text	XCentroidFY m	YCentroidFY m	ZCentroidFY m	XCentroidFZ m	YCentroidFZ m	ZCentroidFZ m
▶	DEAD	LinStatic	0	0	0	5.57231	17.34849	0

Figura 23 Peso de la estructura con el enchape

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

$$V = 0.321 \cdot 1119.9464$$

$$V = 359.50 \text{ ton}$$

En la figura 24 se muestra la aplicación de cargas sísmicas en sentido X

**User Defined Seismic Load Pattern**

**Load Direction and Diaphragm Eccentricity**

Global X Direction

Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

**Other Factors**

Base Shear Coefficient, C

Building Height exp., K

**Lateral Load Elevation Range**

Program Calculated

User Specified

Max Z

Min Z

Figura 24 Aplicación de cargas sísmicas en sentido X

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

Las cargas sísmicas estáticas en el sentido Y se aplicaron de manera similar a esta.



#### d. Espectro

A continuación en la figura 25 se muestra el espectro que se generó con los valores anteriores y las fórmulas que indica la norma.

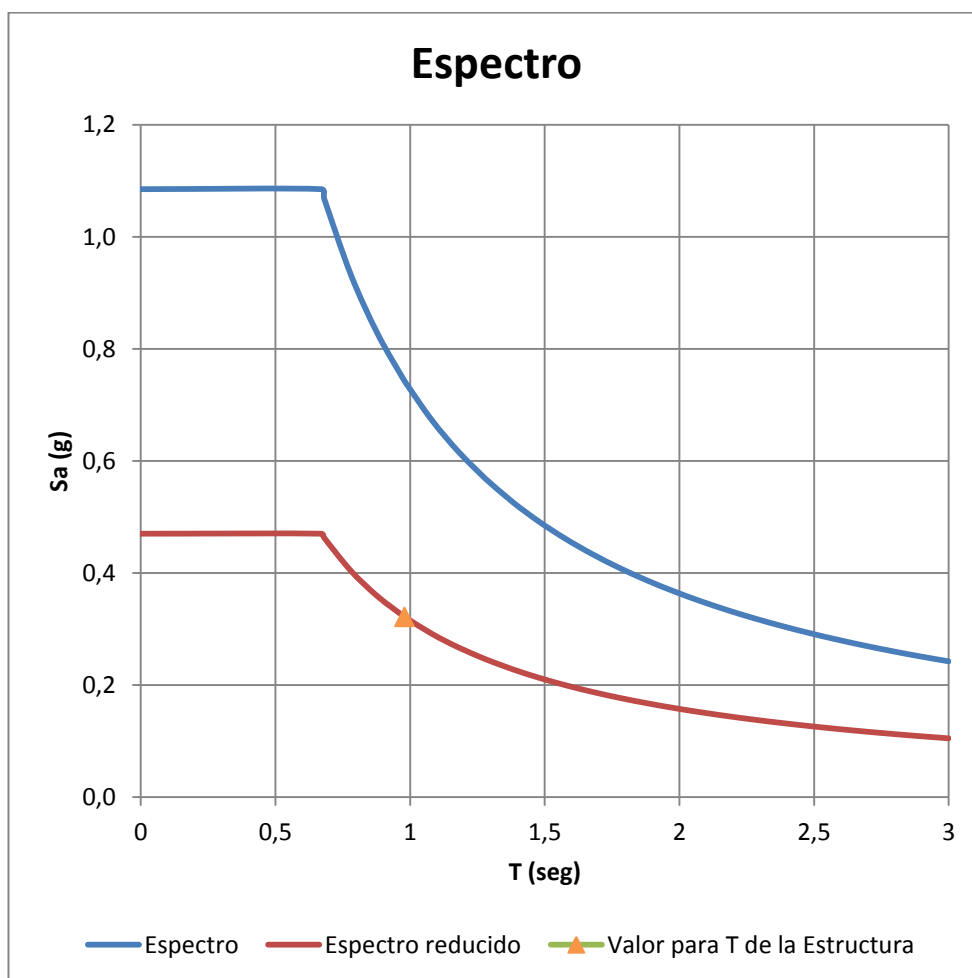


Figura 25 Espectro de respuesta después del reforzamiento

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

En la figura 26 se muestra la introducción del espectro de diseño en el modelo matemático. Son los valores de período en seg, en el eje de las abscisas y el valor de  $S_a$  reducido, como fracción de la gravedad, en las ordenadas.

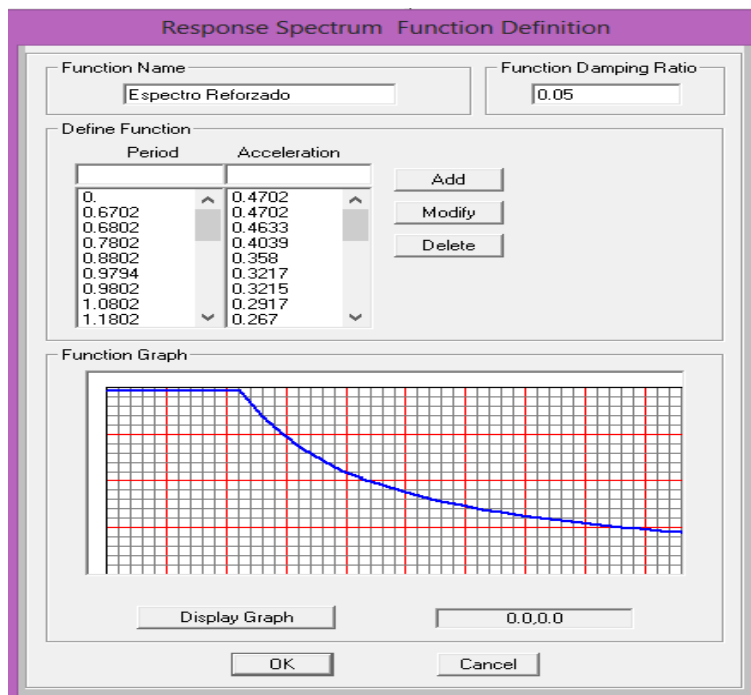


Figura 26 Valores de periodo en segundos

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

Se crea luego un caso de carga dinámica para cada sentido del sismo. Para muestra se presenta el caso para sismo dinámico en dirección X con el factor de amplificación que corresponde al valor de la gravedad, ya que en el espectro se introdujo los valores como fracción de la gravedad. Desde luego, se tuvo la precaución de estar trabajando con la longitud en m para que la aceleración esté en  $m/s^2$ .

Se crea luego un caso de carga dinámica para cada sentido del sismo. Para muestra se presenta el caso para sismo dinámico en dirección X con el factor de amplificación que corresponde al valor de la gravedad, ya que en el espectro se introdujo los valores como fracción de la gravedad. Desde luego, se tuvo la precaución de estar trabajando con la longitud en m para que la aceleración esté en  $m/s^2$ . Para el sentido Y es similar, pero debe cambiarse U1 por U2.

### e. Modos de vibración

En la figura 27 se muestra los doce modos de vibración. Como se puede observar, no se tiene un gran porcentaje de participación de masa en traslación para los dos primeros modos; sin embargo, tanto en el primer como segundo modo, es el movimiento traslacional el que prevalece.

El período fundamental se ha reducido a 0.98 segundos, lo cual quiere decir que la estructura se ha vuelto más rígida. Si se hubiera enchapado totalmente las paredes la estructura se habría vuelto mucho más rígida, pero habría sido contraproducente, ya que los pilares de madera y vigas de la cubierta no podrían moverse al ritmo de las paredes durante un evento sísmico.

Modal Participating Mass Ratios																
File View Format-Filter-Sort Select Options																
Units: As Noted																
Modal Participating Mass Ratios																
	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	RY Unitless	RZ Unitless	SumRX Unitless	SumRY Unitless	SumRZ Unitless
▶	MODAL	Mode	1	0.979379	0.00000007166	0.058529	0.00000003401	0.00000007166	0.058529	0.00000003401	0.008961	0.00000001214	0.000000248	0.008961	0.00000001214	0.000000248
	MODAL	Mode	2	0.484167	0.494107	0.00000001059	0.00000006022	0.494107	0.058529	0.00000006022	0.00000001776	0.028573	0.000007	0.008961	0.028573	0.000007
	MODAL	Mode	3	0.482565	0.013428	0.0000002512	0.0000000164	0.507535	0.058529	0.0000006186	0.0000001945	0.000775	0.002269	0.008961	0.029348	0.002339
	MODAL	Mode	4	0.393103	0.0000001704	0.011574	0.00000002262	0.507535	0.070103	0.0000006188	0.000736	0.00000001094	0.000005589	0.009697	0.029348	0.002345
	MODAL	Mode	5	0.342243	0.000405	0.000001565	0.00000001596	0.507939	0.070105	0.0000006348	0.0000002128	0.000021	0.212159	0.009697	0.029369	0.214504
	MODAL	Mode	6	0.257179	0.00000004184	0.000006812	0.00000001435	0.507939	0.070111	0.0000006349	0.000001002	0.00000001658	0.000621	0.009698	0.029369	0.215125
	MODAL	Mode	7	0.244961	0.000004582	0.066531	0.000037	0.507944	0.136643	0.000038	0.001584	0.0000009298	0.0000387	0.011282	0.02937	0.215129
	MODAL	Mode	8	0.236433	0.051347	0.000126	0.00000006129	0.559291	0.136768	0.000038	0.000002564	0.005871	0.000025	0.011285	0.035241	0.215154
	MODAL	Mode	9	0.234583	0.00007	0.063893	0.000076	0.559361	0.200661	0.000114	0.001493	0.000008292	0.00001	0.012778	0.035249	0.215164
	MODAL	Mode	10	0.216128	0.00000009589	0.001206	0.00000004109	0.559361	0.201867	0.000114	0.000222	0.00000001961	0.000001069	0.013	0.035249	0.215165
	MODAL	Mode	11	0.173011	0.000186	0.000018	9.251E-14	0.559547	0.201895	0.000114	0.000008572	0.000019	0.053879	0.013009	0.035268	0.269044
	MODAL	Mode	12	0.159429	0.00000004975	0.000012	0.00000008447	0.559547	0.201897	0.000114	0.0000006719	0.00000005955	0.000193	0.013009	0.035268	0.269237

Figura 27 Modos de vibración después del reforzamiento

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

### a. Derivas de piso

Debido a que el software SAP2000 no despliega directamente una tabla de derivas de piso, para cada dirección, se analizó el desplazamiento de cada punto que forma parte de la estructura resistente, individualmente, para crear la siguientes tablas de derivas (ver tabla12 y 13).

*Tabla 12 Deriva máxima para sismo en dirección X*

Desplazamientos			Despl. Máx.	Deriva máx.		
<b>8.05</b>	0.036	0	0.036	0.036	8.05	0.0044
<b>0</b>			0			

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

*Tabla 13 Deriva máxima para sismo en dirección Y*

Desplazamientos			Despl. Máx.	Deriva máx.		
<b>10.42</b>	0.0167	0	0.0167	0.0167	10.42	0.0016
<b>0</b>			0			

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

El punto con mayor desplazamiento en dirección X en relación al plano cartesiano no es el mismo que en dirección Y en relación al plano cartesiano y se encuentran a diferente altura, por eso se ha tenido que hacer una tabla separada para cada uno. Para cargas laterales estáticas, el punto con mayor desplazamiento en X en relación al plano cartesiano se encuentra en el punto más alto de la fachada lateral izquierda y el punto con mayor desplazamiento en Y en relación al plano cartesiano está justo en el vértice del cumbrero de la fachada posterior.

En resumen:

Deriva máxima en X = 0.0044

Deriva máxima en Y = 0.0016

Se ha logrado rigidizar la estructura en sentido X en relación al plano cartesiano, el más flexible, mediante el uso de diagonales de madera entre los pilares. La deriva máxima para este caso es:

$$\Delta_E = \frac{0.01}{0.75 \cdot 3} = 0.0044$$

Como puede observarse, las derivas de la estructura en ambos sentidos son menores a este límite, por lo tanto están dentro del rango permitido por la norma.

### b. Estructura deformada

Vista tridimensional de la estructura deformada por cargas de servicio (D+L)

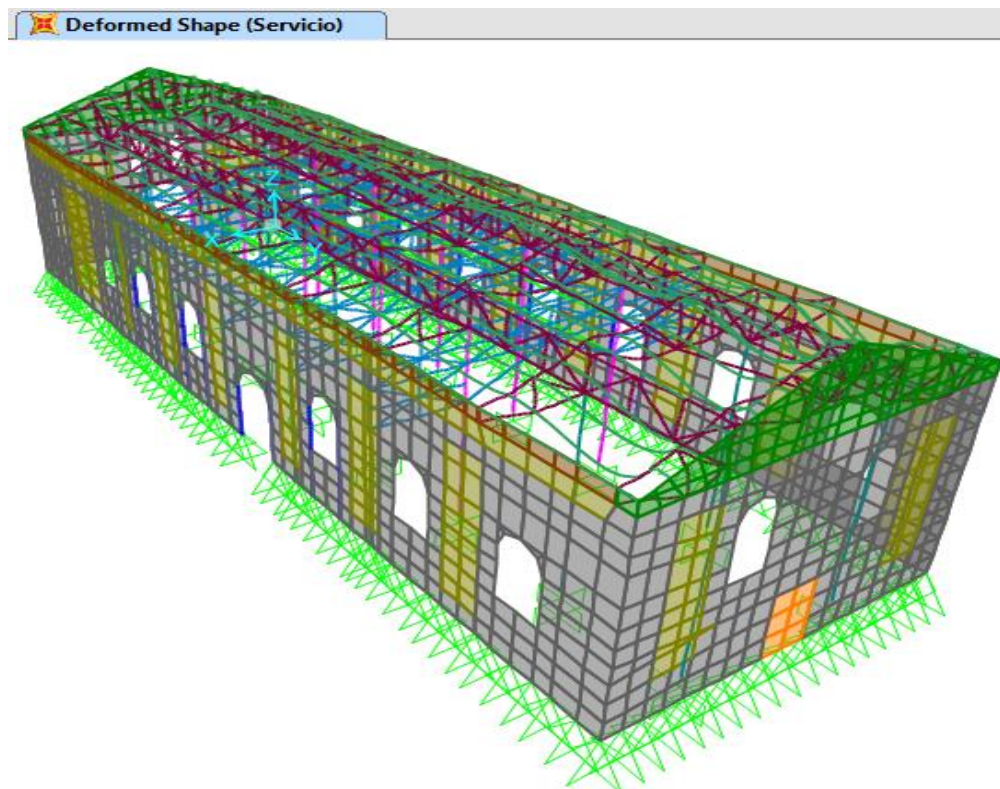


Figura 28 Estructura deformada después del reforzamiento

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

### Estructura deformada por sismo en dirección X

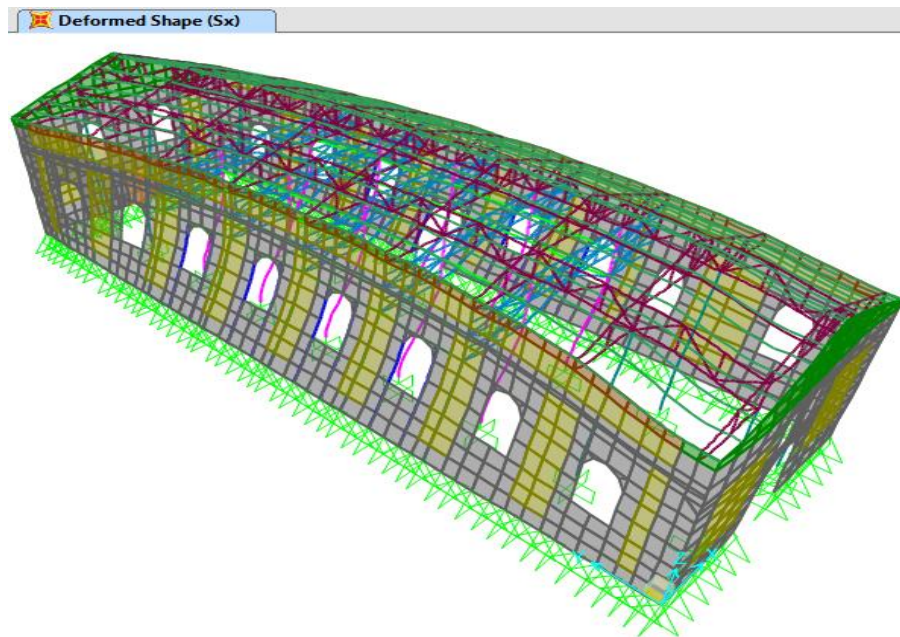


Figura 29 Estructura deformada por sismo en dirección X  
Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

### Estructura deformada por sismo en dirección Y

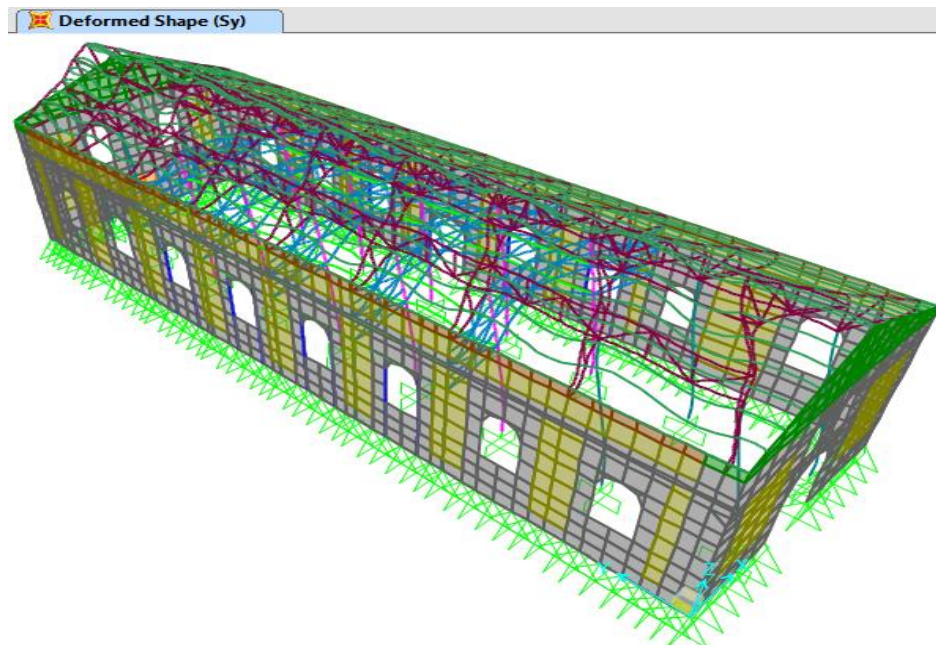


Figura 30 Estructura deformada por sismo en dirección Y  
Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda  
Diseño: Aguilar Israel

## Deflexiones

Las deflexiones para cargas de servicio más críticas en las cerchas están en el cordón inferior, debajo del parante del cumbrero en los pórticos donde no se han colocado las riostras de madera. De todas ellas la mayor deflexión ocurre en el eje 2, como se muestra a continuación.

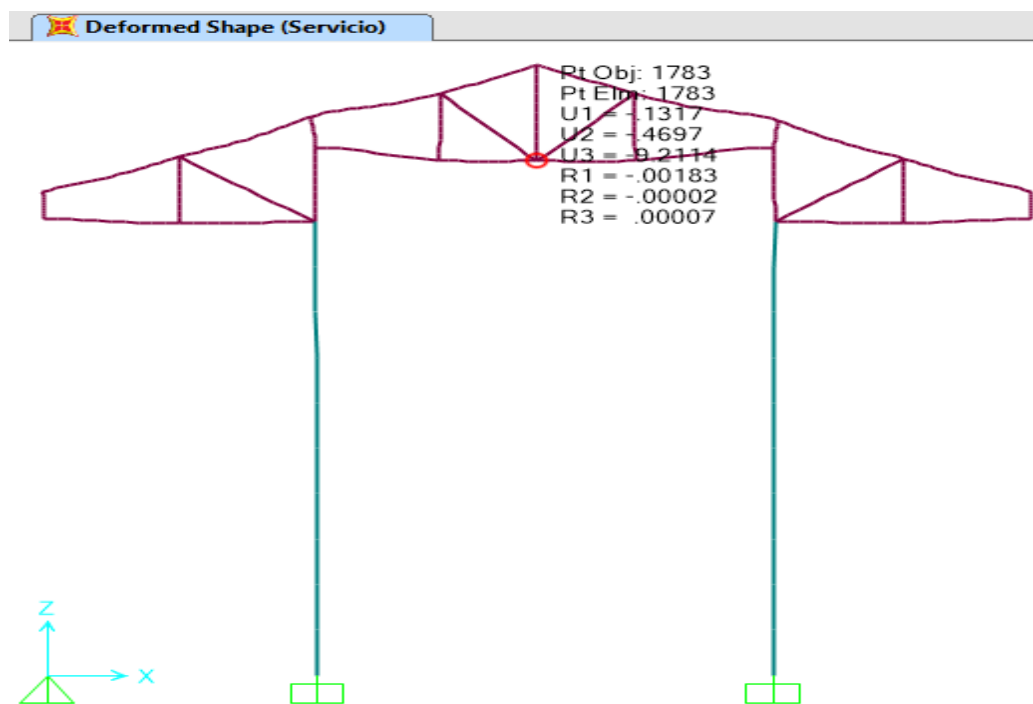


Figura 31 deflexiones después del reforzamiento  
 Fuente: Trabajo de campo, 2017  
 Autores: Mendoza y Guaranda  
 Diseño: Aguilar Israel

La figura 31 muestra un desplazamiento vertical de 9.21 mm en ese punto del cordón inferior de la cercha. La deflexión máxima permitida para este caso es de 14.42 mm. Aquí la deflexión es menor a ese límite. Como era de esperarse, el arriostramiento redujo las deflexiones y ahora la deflexión máxima ya no fue 12.15 mm sino 9.21 mm.

### f. Planos de reforzamiento del inmueble patrimonial

Se elaboran planos de la estructura del inmueble patrimonial diseñado en Autocad, que se pueden ver en el Anexo G, en tamaño más grande ya con el reforzamiento ejecutado, los mismos que indican los materiales que se utilizarán y la cantidad de cada uno.

## Plano de Reforzamiento Planta Baja y cubierta

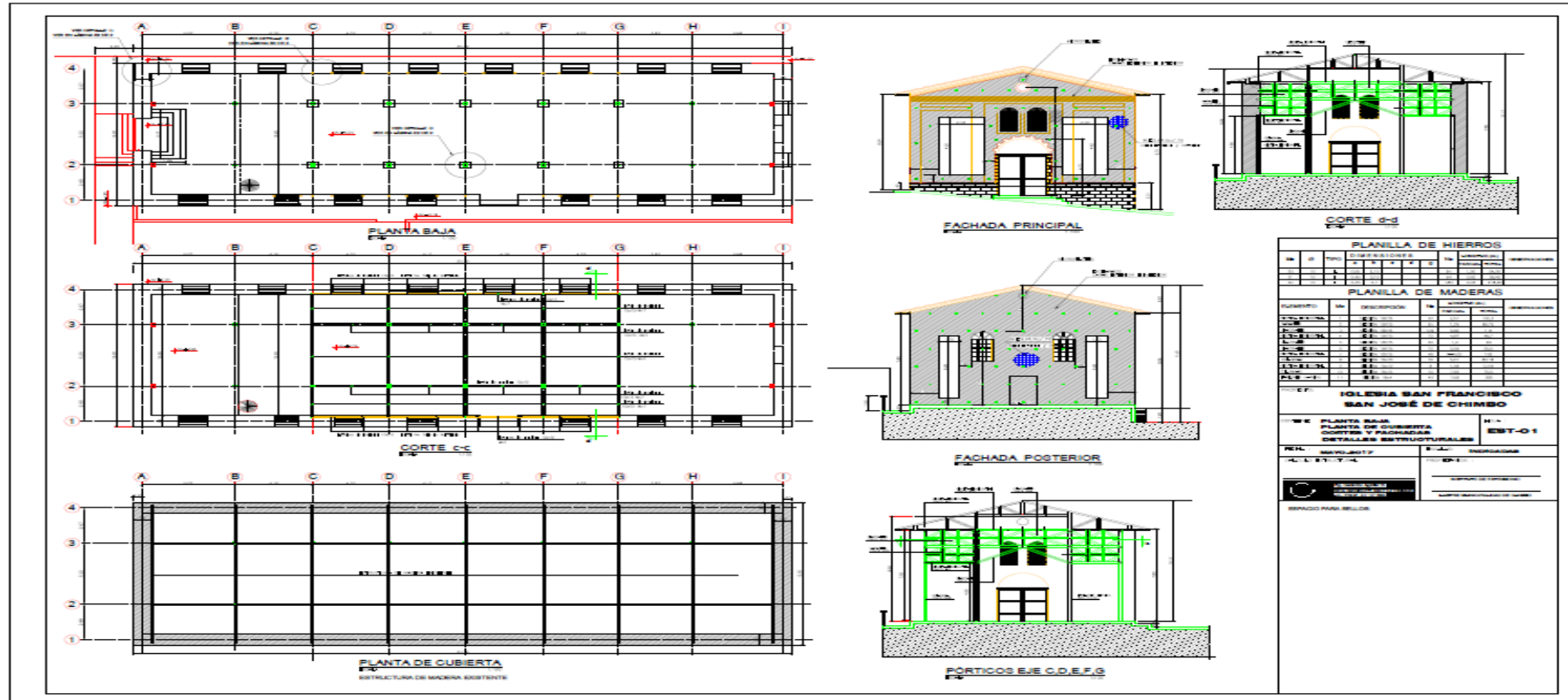


Figura 32 Plano de reforzamiento planta baja y cubierta

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel



### Plano de Reforzamiento fachada lateral derecha e izquierda.

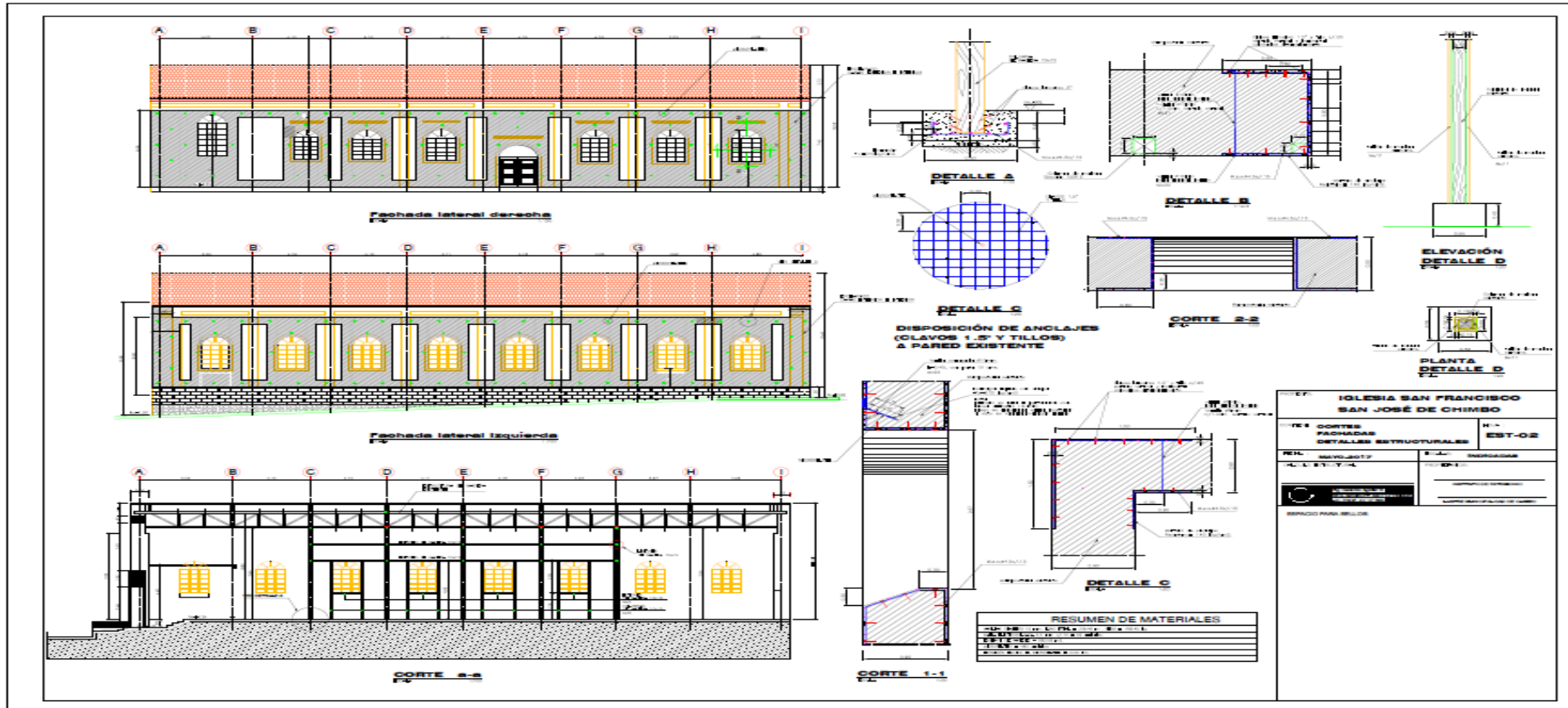


Figura 33 Plano de Reforzamiento fachada lateral derecha e izquierda

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

Diseño: Aguilar Israel

**g. Matriz de Resumen del Reforzamiento del Inmueble Patrimonial, Iglesia San Francisco**

*Tabla 14 Cuadro de resumen del Reforzamiento de la Estructura*

Indicadores	Medidas	Propiedades mecánicas de los materiales para el análisis	Valores a aplicarse para el espesor de las paredes en el modelo de reforzamiento				Carga a aplicarse a toda la estructura y sus valores con el reforzamiento	Resultados	Nivel de Vulnerabilidad
<b>Adobón</b>	90cm. 70cm. 30cm.	$f'm = 10 \text{ kg./cm}^2$ $E_{\text{adobón}} = 5000 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{adobón}} = 1.60 \text{ T/m}^3$ $\gamma_{\text{mortero de enchape}} = 2.4 \text{ T/m}^3$	e ad ob ón	e enc hap ado	b eq ui v	$\gamma$ equ iv	Carga Muerta= $0,17401 \text{ T/m}^2$  Carga Viva= $0,17 \text{ T/m}^2$  Carga Lateral reactiva o corte basal $V=0,321$ $V=0,321 * 1119,9464$ entonces $V=359,50$ Toneladas	Deriva $X=0,0044$ $Y=0,0016$  Desplazamie nto $D=9,21 \text{ mm.}$	<b>BAJA</b>
<b>Madera</b>	15cm. x 15cm. 8cm. x 14cm. 8cm. x 5cm.	Resistencia del mortero de enchape $f^c = 140 \text{ kg/cm}^2$	<b>C</b> <b>m</b>	<b>Cm</b>	<b>C</b> <b>m</b>	<b>T/</b> <b>m</b> <sup>3</sup>			
<b>Columna</b>		$E_{\text{enchape}} = 12\,000 \cdot (f^c_{\text{enchape}})^{1/2} = 141\,985.91 \text{ kg/cm}^2$	<b>90</b>	3	57	2.8			
<b>Cerchas</b>		Inercia equivalente	<b>70</b>	3	48	2.6 5			
<b>Correas</b>		$I_{\text{eq}} = 0.0151 \text{ m}^4$	<b>30</b>	3	27	2.2 8			
<b>Madera Delgada</b>	3cm. X 3cm.								

Fuente: Trabajo de campo, 2017 y NEC, 2015

Autores: Mendoza y Guaranda

#### **4.4.2. Plan Integral de Reducción de Riesgos, Iglesia San Francisco de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús.**

Con la elaboración de este plan de Reducción de Riesgo abarcamos otras vulnerabilidades que identificamos en la iglesia, y hacemos una intervención total e integral de Gestión de Riesgo en el inmueble patrimonial.

##### **4.4.2.1.Descripción del Inmueble Patrimonial**

###### **a. Ubicación Geográfica**

La iglesia San Francisco está ubicada en la Parroquia Central del Cantón Chimbo de la Provincia de Bolívar, en plena intersección de las calles Cristóbal Colón y 10 de Agosto.

El inmueble patrimonial está dentro de los predios de la unidad educativa Santa Marianita, por la cual forma parte de esta comunidad educativa.



Figura 34 Ubicación de la Iglesia San Francisco  
Fuente: Imagen Satelital Google Earth.

### b. Reseña Histórica

Al igual que las principales ciudades coloniales San José de Chimbo contaba con un monasterio de monjas y un convento Franciscano. Lamentablemente los frailes Franciscanos abandonaron la ciudad en 1890, la evangelización de este pueblo quedó en manos del venerable clero Secular, algunas décadas después aproximadamente en el año 1920 se fundaba la escuela y convento Santa Mariana de Jesús, las mismas que en la década de los años cuarenta dirigidas por la madre Sabina, construyen una hermosa capilla sobre la que históricamente fue el convento de San Francisco.

### c. Población de la Comunidad

La población que ocupa la Iglesia San Francisco esta detallada a continuación en la tabla 15.

*Tabla 15 Comunidad que ocupa la Iglesia San Francisco*

<b>GRADOS O NIVELES</b>	<b>MASCULINO</b>	<b>FEMENINO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Primero</b>	29	30	59
<b>Segundo</b>	25	26	51
<b>Tercero</b>	14	17	31
<b>Cuarto</b>	21	13	34
<b>Quinto</b>	11	19	30
<b>Sexto</b>	27	15	42
<b>Séptimo</b>	19	21	40
<b>Octavo</b>	11	12	23
<b>Noveno</b>	2	5	7
<b>Decimo</b>	6	6	12

---

<b>Docentes</b>	5	12	17
<b>Hermanitas</b>	0	5	5
<b>Personal Adm. Y Mantenimiento</b>	1	2	3
<b>TOTAL DE ESTUDIANTES</b>	<b>171</b>	<b>183</b>	<b>354</b>

---

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

#### **4.4.2.2. ANÁLISIS DEL RIESGO**

##### **4.4.2.2.1. Análisis de Amenazas**

###### **a. Sismos (Riesgo Alto)**

Con respecto a los sismos, la información que dispone el país está sustentada en su mayor parte, que permite disponer de un registro de sismos históricos y la delimitación de fuentes sísmicas y de intensidades asociadas a sismos de diferentes magnitudes.

La amenaza sísmica es compleja y para el presente estudio se ha tomado como referencia el documento de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) que hace referencia del peligro sísmico en el diseño sismo resistente.

Para determinar el riesgo en amenaza sísmica se toma como referencia el valor del Factor Z, que representa la aceleración máxima en la roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de aceleración en la gravedad.

Nuestro país cuenta con seis zonas sísmicas caracterizadas por el factor Z de acuerdo a la tabla 16 y al mapa del Anexo G, que se detalla a continuación:

*Tabla 16 Zonas Sísmicas caracterizadas por el Factor Z*

<b>Zona Sísmica</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
<b>Valor factor Z</b>	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	>0.50
<b>Caracterización del peligro sísmico</b>	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: NEC-SE-DS

Autores: Mendoza y Guaranda

De acuerdo al Mapa de Zonas Sísmicas en función al valor del factor Z (ver Anexo H), a nivel cantonal el inmueble patrimonial se encuentra en una zona de alta sismicidad, lo que significa Riesgo Alto, ya que para el cantón San José de Chimbo el valor del factor Z asignado es 0.35.

A continuación en la tabla 17 se describe los antecedentes de los sismos que afecto el Inmueble Patrimonial.

*Tabla 17 Antecedentes de eventos sísmicos del Inmueble Patrimonial*

<b>Año</b>	<b>Descripción del Evento</b>	<b>Daño o Afectación</b>
<b>2011</b>	Sismo 6 grados	Ningún daño
<b>2016</b>	Terremoto 7,8 grados	Afectaciones en sus paredes, desplazamiento de la estructura
<b>2016</b>	Sismo 6,8 grados	Afectaciones en sus paredes, desplazamiento de la estructura

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

#### **b. Deslizamientos (Riesgo Alto)**

Se ha establecido que el 95% de todo el territorio del cantón Chimbo se encuentra en alto riesgo del deslizamiento, por su cambiante clima que se

observa durante los últimos años. Cabe indicar que en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, en su sección de riesgos indica que las edificaciones que se encuentran en la calle 10 de Agosto son más vulnerables (PDOT, 2014), y el inmueble patrimonial se encuentra ubicado en las calles Cristóbal Colón y 10 de Agosto. Por ende tiene un nivel de riesgo alto en esa amenaza (ver Anexo I).

#### **c. Erupciones volcánicas (caída de ceniza volcánica) Riesgo Bajo**

La iglesia San Francisco y la comunidad en general del cantón se ha visto afectada por caída de cenizas proveniente del volcán Tungurahua, si bien no es una amenaza de mayor riesgo, pero es importante considerarla ya que provoca estragos directamente de la salud de los habitantes. Según el mapa de amenazas volcánica del país la provincia de Bolívar se encuentra en riesgo bajo (ver Anexo J).

#### **d. Incendio (Riesgo Medio)**

Para identificar el nivel del riesgo ante esta amenaza de origen antrópico se utilizó la matriz Messeri, donde determina que el inmueble patrimonial tiene nivel de riesgo medio (ver Anexo K)

### **4.4.2.2. Análisis de Vulnerabilidades**

#### **a. Vulnerabilidad Física**

Para identificar el nivel de las vulnerabilidades físicas del inmueble patrimonial se elaboró una matriz de evaluación de vulnerabilidades (ver Anexo L), la misma que fue determinando el nivel de vulnerabilidad física del bien patrimonial que da como resultado Riesgo Medio, equivalente a 2, tal como lo podemos observar en la siguiente Tabla 18:

*Tabla 18 Ponderación de la Vulnerabilidad Física*

<b>VULNERABILIDAD ES</b>	<b>SISMO S</b>	<b>DESLIZAMIENTOS</b>	<b>VOLCANICO</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>FÍSICA</b>	2,50	2,70	2,60	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

## b. Vulnerabilidad Social

Para el análisis de vulnerabilidad Social del inmueble patrimonial se tomaron en consideración las siguientes variables:

- Nivel de organización de la comunidad.
- Participación de la población en trabajos comunitarios para la iglesia.
- Grado de relación entre la iglesia y organizaciones locales.
- Tipo de integración entre las religiosas con la comunidad en general.

Se realizó la ponderación en cada una de las variables e indicadores según las amenazas (Ver anexo M).

La ponderación del nivel de Riesgo del inmueble patrimonial en la vulnerabilidad Social es RIESGO BAJO que refleja la tabla 19.

*Tabla 19 Ponderación de la Vulnerabilidad Social*

VULNERABILIDADES	SIS	DES	VOL	TOTAL	NIVEL DE RIESGO
<b>SOCIAL</b>	1,25	1,25	1,25	<b>1</b>	<b>RIESGO BAJO</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

## c. Vulnerabilidad Educativa.

En esta vulnerabilidad se tomaron en cuenta cuatro variables con sus respectivos indicadores, que son los siguientes:

- Programas educativos (prevención y atención de desastre)
- Programa de capacitación.
- Campañas de difusión en Gestión de Riesgo.
- Alcance de los programas en Gestión de Riesgo sobre grupos educativos.

Así mismo se ponderó a cada variable con su indicador (Ver Anexo N).

La ponderación del nivel de riesgo en la Vulnerabilidad Educativa de acuerdo al cálculo en la respectiva matriz es de RIESGO ALTO que se puede ver en la tabla 20.



*Tabla 20 Ponderación de la Vulnerabilidad Educativa*

<b>VULNERABILIDADES</b>	<b>SIS</b>	<b>DES</b>	<b>VOL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>EDUCATIVA</b>	3,25	3,25	3,25	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

#### **d. Vulnerabilidad Cultural**

Para el análisis de esta vulnerabilidad se tomaron en cuenta tres variables con sus respectivos indicadores, los cuales se detallan a continuación:

- Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres
- Percepción de las religiosas sobre los desastres
- Actitud frente a la ocurrencia de desastres

Se ponderó cada variable con su indicador según las amenazas (Ver Anexo O).

La ponderación del nivel de riesgo en la Vulnerabilidad Cultural del inmueble patrimonial es RIESGO ALTO, que está reflejada en la tabla 21.

*Tabla 21 Ponderación de la Vulnerabilidad Cultural*

<b>VULNERABILIDADES</b>	<b>SIS</b>	<b>DES</b>	<b>VOL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>CULTURAL</b>	3,00	3,00	3,00	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

#### **e. Vulnerabilidad Ambiental**

Para el análisis de la vulnerabilidad ambiental se consideraron tres variables con sus indicadores, los cuales se detallan a continuación:

- Condiciones atmosféricas
- Composición y calidad del aire y del agua
- Condiciones ecológicas

Las mismas que fueron ponderadas de acuerdo a cada amenaza, (Ver anexo P).

La ponderación del riesgo en la vulnerabilidad ambiental de acuerdo al análisis es de RIESGO MEDIO, misma que está reflejada en la tabla 22.

*Tabla 22 Ponderación de la Vulnerabilidad Ambiental*

<b>VULNERABILIDADES</b>	<b>SIS</b>	<b>DES</b>	<b>VOL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>AMBIENTAL</b>	2,00	2,00	2,00	<b>2</b>	<b>RIESGO MEDIO</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

#### **f. Vulnerabilidad Económica**

Para el análisis de esta vulnerabilidad se consideraron cuatro variables con sus respectivos indicadores, que son:

- Actividad económica
- Acceso al mercado.
- Nivel de ingresos
- Situación de pobreza o desarrollo humano.

VARIABLES que fueron ponderadas de acuerdo a cada amenaza identificada. (Ver anexo Q).

La ponderación del nivel de riesgo en esta vulnerabilidad de acuerdo al análisis es de RIESGO ALTO, misma que se encuentra reflejada en la tabla 23.

*Tabla 23 Ponderación de la Vulnerabilidad Económica*

<b>VULNERABILIDADES</b>	<b>SIS</b>	<b>DES</b>	<b>VOL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>ECONÓMICA</b>	2,50	2,50	2,50	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

#### **g. Vulnerabilidad Científica**

Para realizar el análisis de esta vulnerabilidad se consideró cuatro variables con sus respectivos indicadores, que son:

- Existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales en la localidad

- Existencia de instrumentos para medición de fenómenos completos
- Conocimiento sobre existencia de estudios.
- La población cumple las conclusiones y recomendaciones.

Cada variable fue ponderada con su indicador de acuerdo a la cada amenaza. (Ver anexo R).

La ponderación del nivel de riesgo en la vulnerabilidad Científica según el análisis es de RIESGO ALTO como se puede observar en la tabla 24.

*Tabla 24 Ponderación de la Vulnerabilidad Científica*

<b>VULNERABILIDADES</b>	<b>SIS</b>	<b>DES</b>	<b>VOL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>CIENTIFICA</b>	3,00	3,00	3,00	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

#### **h. Vulnerabilidad Política**

Para el análisis de esta vulnerabilidad se tomó en cuenta cuatro variables que se detallan a continuación:

- Autonomía institucional
- Liderazgo político
- Participación ciudadana
- Coordinación de acciones entre autoridades locales.

Cada variable fue ponderada con su indicador de acuerdo a la exposición de cada amenaza identificada. (Ver anexo S).

La ponderación del nivel de riesgo en esta vulnerabilidad de acuerdo al análisis de la matriz es RIESGO MEDIO como se observa en la tabla 25.

*Tabla 25 Ponderación de la Vulnerabilidad Política*

<b>VULNERABILIDADES</b>	<b>SIS</b>	<b>DES</b>	<b>VOL</b>	<b>TOTAL</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>POLITICA</b>	1.75	1.75	1.75	<b>2</b>	<b>RIESGO MEDIO</b>

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

Haciendo una ponderación global de todas las vulnerabilidades consideradas tenemos como resultado que el nivel de vulnerabilidad es **MEDIO**. (Ver anexo T)

#### 4.4.2.3. REDUCCIÓN DEL RIESGO

Esta etapa de la Gestión de Riesgo busca minimizar vulnerabilidades y riesgos en la Iglesia San Francisco, para evitar (mediante la prevención) o limitar (mediante la mitigación y la preparación) el impacto adverso de amenazas, dentro del amplio contexto del desarrollo sostenible. Para ello se conformó un comité de Gestión de Riesgo misma que se puede ver en la tabla 26.

*Tabla 26 Conformación del Comité Institucional de Gestión de Riesgo*

<b>Comité Institucional de Gestión de Riesgos y Coordinadores de Brigadas</b>	<b>Nombre</b>
<b>Directora</b>	Hna. Emma Sánchez
<b>Coordinador General</b>	Hna. Yeni Castillo
<b>Coordinación de Prevención y Mitigación</b>	Hna. Amalia Ortíz
<b>Coordinación de la Preparación y Respuesta</b>	Hna. Mariana Ordoñez
<b>Representante Comunitario</b>	Miguel Rodríguez

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

El Comité Institucional de Gestión de Riesgo lidera las acciones que se realicen en todos sus componentes, desde la identificación y análisis de las amenazas y vulnerabilidades del entorno, acciones en prevención y mitigación, preparación y respuesta, recuperación y transferencia del riesgo.

A continuación en la tabla 27 se puede observar los miembros de las brigadas.

*Tabla 27 Conformación de Brigadas*

<b>Brigada</b>	<b>Integrantes</b>
<b>Prevención y Mitigación</b>	Hna. Amalia Ortíz
	Elsa Guillín
	Ligia García
	Celania Gaibor
	Emma Ortíz
	Rosa Rodríguez
	Matilde Prado
	Ángel Aguilar
	Verónica García
	Ángela Ortíz
	Hna. Mariana Ordoñez
<b>Preparación y respuesta</b>	Diana Aguilar
	Patricia López
	Nancy Pérez
	Betty Enríquez
	Ana Romero
	Jaime Yáñez
	Jack Dahik
	Michelle Nájera
	Edgar Valverde
	Silvia Orta
Miguel Ángel Rodríguez	

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

#### 4.4.2.4. PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

En base a las vulnerabilidades identificadas se determina las acciones que pueden contribuir a reducirlas, mediante la prevención y mitigación que se puede observar en la tabla 28.

*Tabla 28 Plan de Acción en Prevención y Mitigación*

<b>Vulnerabilidad Física (estructural y no estructural) identificada</b>	<b>Acción realizar</b>	<b>a</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>
Desplazamiento de la estructura de la iglesia Campanario en malas condiciones	Ejecutar	el		
Grietas y fisuras en				

las paredes	proyecto de reforzamiento del inmueble patrimonial	Hna. Emma Sánchez	Septiembre/Octubre del 2017
Falta de rigidez en la estructura			
<b>Vulnerabilidad Social</b>	<b>Acción realizar</b>	<b>a Responsable</b>	<b>Fecha</b>
Fortalecer la organización de la comunidad en general con iglesia en temas de Gestión de Riesgo.	Capacitar a la comunidad en general en temas de Sismos		Octubre/2017
Falta de interés en incorporar a la comunidad y la iglesia en temas de reducción de riesgos.	Fomentar la participación de la comunidad en temas de reducción de riesgo solicitante ayuda a la Secretaria de Gestión de Riesgo.	Hna. Amalia Ortíz	Octubre/2017
Escaso grado de participación con actores de organizaciones locales	Fortalecer alianzas y compromisos con instituciones locales		
<b>Vulnerabilidad Educativa</b>	<b>Acción realizar</b>	<b>a Responsable</b>	<b>Fecha</b>
Falta de implementación de temas o programas educativos en Gestión de Riesgo	Implementar programas de Gestión de Riesgo en la institución educativa Santa Marianita y con la comunidad en general	Ligia García	Noviembre/2017
<b>Vulnerabilidad Cultural</b>	<b>Acción realizar</b>	<b>a Responsable</b>	<b>Fecha</b>
Escaso conocimiento sobre la Gestión de Riesgo	Generar interés por problemas de Gestión de Riesgo	Verónica García	Noviembre/2017

<b>Vulnerabilidad Ambiental</b>	<b>Acción a realizar</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>
Falta de acciones de forestación.	Implementar plan de vinculación con la comunidad para forestar zonas en riesgo	Matilde Prado	Diciembre 2017
Falta de programas de reciclaje	Implementar campañas de reciclaje vinculando a la comunidad en general, unidad educativa e iglesia.		
<b>Vulnerabilidad Económica</b>	<b>Acción a realizar</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>
Falta de nivel de ingreso para solventar las necesidades de la iglesia	Fomentar campañas y actividades que generen ingresos económicos para la iglesia	Amalia Ortiz	Octubre 2017
<b>Vulnerabilidad Científica</b>	<b>Acción a realizar</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>
Falta de trabajos de investigación sobre temas de Gestión de Riesgo.	Fomentar trabajo de investigación en temas de Gestión de Riesgo de Desastres y su influencia en la zona donde se encuentra ubicada la iglesia.	Rosa Rodríguez	Agosto 2017

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

#### 4.4.2.5. MANEJO DE EVENTOS ADVERSOS

##### a. Preparación

Establecer medidas que contribuyen a asegurar una actuación oportuna y eficaz frente a la presencia de cualquier evento adverso que se puede observar en la tabla 29.

*Tabla 29 Plan de Acción en Preparación*

<b>Acción a realizar</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>
Capacitar a todo el personal religioso, docente y administrativo en temas de Gestión de Riesgo.		
Capacitar a las brigadas en tema de Manejo de Extintores y Prevención de Incendios.	Hna. Mariana Ordóñez	Octubre/2017
Capacitar a las brigadas en temas de Primeros Auxilio.		
Designar responsabilidades del Comité institucional de Gestión de Riesgo y brigadas.		
Señalizar rutas de evacuación en la iglesia.		
Adquisición de extintores de PQS y CO2		Nov- Dic/2017
Señalizar los puntos de encuentro de la iglesia.	Hna. Jenny Castillo	
Elaboración de Simulacros.	Coordinador del Comité de Gestión de Riesgo Institucional	
Ejercicios periódicos de evacuación por medio de simulaciones y simulacros con los estudiantes, feligreses y comunidad en general.		
Adquisición de mascarillas		

Fuente: Trabajo de campo, 2017  
Autores: Mendoza y Guaranda

En la tabla 30 se detalla los puntos de encuentro identificados.

*Tabla 30 Punto de Encuentro Identificados*

<b>DESCRIPCIÓN P-E</b>	<b>QUIENES LO OCUPAN</b>
1. calle Cristóbal Colón	Feligreses o estudiantes que se encuentren en la iglesia.
2. Parque Central	

Fuente: Trabajo de campo, 2017



Autores: Mendoza y Guaranda

### b. Sistemas de Alerta Temprana

Es importante que la iglesia tenga un sistema de vigilancia y monitoreo de las amenazas que pueden afectar a los feligreses y comunidad en general, para de esta manera adopte medidas para reducir los efectos de los peligros (tabla 31).

*Tabla 31 Plan de Acción de Vigilancia y Monitoreo de los SAT*

<b>Acción a realizar</b>		<b>Responsable</b>	
Monitorear o dar seguimiento a la información proporcionada por el Instituto Geofísico, INOCAR, la Secretaría de Gestión de Riesgo y fuentes oficiales designadas para la evolución de cada amenaza.		Jaime Yáñez	
<b>MECANISMOS EXISTENTES PARA LA ALARMA EN SITUACIONES DE EMERGENCIA</b>			
<b>AMENAZA</b>	<b>TIPO DE ALARMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA FORMA DE LA ALARMA</b>	<b>RESPONSABLE</b>
Sismo	Campanario	Toque continuo en dos momentos:	Hna. Amalia Ortíz
	Megáfonos	1.- Confirmación y autoprotección 2.- Evacuación	
Incendio	Sirena	Toque continuo de la alarma automática por detectores de humo	Quien identifique el incendio.

Fuente: Trabajo de campo, 2017

Autores: Mendoza y Guaranda

#### 4.4.2.6. RESPUESTA

Acciones y procedimientos que se van a desarrollar durante la ocurrencia de una emergencia o desastre, con el objetivo de minimizar los efectos adversos en feligreses, estudiantes, bienes de la iglesia y servicios (figura 35).

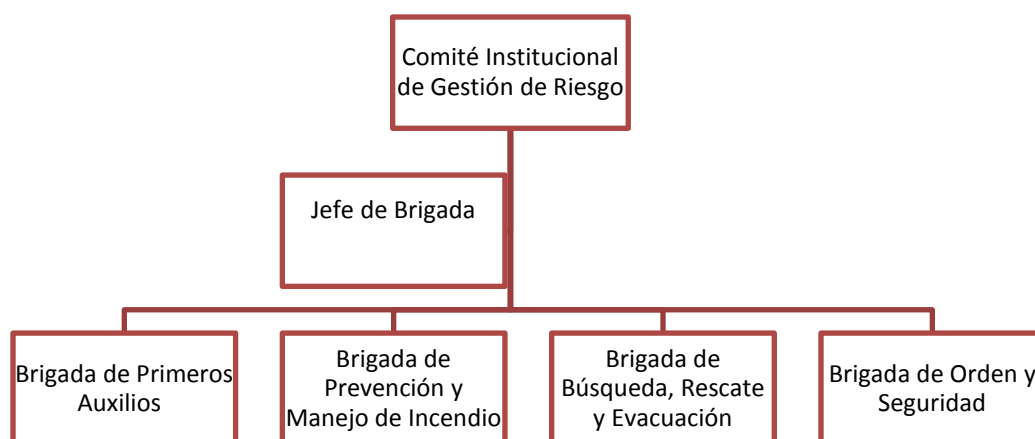


Figura 35 Organigrama de Respuesta  
Autores: Mendoza y Guaranda

### a. Integrantes de Brigada de Respuesta

Tabla 32 Brigada de prevención y manejo de incendio

NOMBRES DE LOS MIEMBROS BRIGADA DE MANEJO DE INCENDIOS	FUNCIÓN	RESPONSABILIDADES PERMANENTES (en el ciclo de la Gestión de la Riesgos)
Titular 1: <b>Jack Dahik</b>  Apoyo/Reemplazo: <b>Hna. Mariana Ordóñez</b>	Buscaran todo posible conato de incendio y combatirán dicho incidente hasta el tope de sus capacidades o hasta que llegue el organismo de respuesta (Bomberos)	Distintivo brazalete de color rojo con estrella amarilla  <b>RESPONSABILIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organizar la unidad operativa y capacitar a sus integrantes de técnicas en contra de incendios.</li> <li>Adquirir equipos mínimos para combatir incendios.</li> <li>Revisar periódicamente los equipos para garantizar su utilización.</li> <li>Revisar periódicamente las conexiones de fluido eléctrico.</li> <li>Desconectar la fuente de energía eléctrica.</li> <li>Comunicar al cuerpo de bomberos para que se trasladen a la iglesia para que intervengan de</li> </ul>

- 
- ser necesario.
  - Inspeccionar la iglesia después del evento.
  - Emitir informes para el conocimiento del coordinador.
  - Evaluar su plan e introducir cambios necesarios.
- 

*Tabla 33 Brigadas de Primeros Auxilios*

NOMBRES DE LOS MIEMBROS BRIGADA DE PRIMEROS AUXILIOS	FUNCIÓN	RESPONSABILIDADES PERMANENTES (en el ciclo de la Gestión de la Riesgos)
Titular 1: <b>Diana Aguilar</b>	Estarán en triage y de la atención de los heridos hasta que lleguen los organismos de socorro.	<p>Distintivo brazaletes de color blanco con estrella amarilla</p> <p><b>RESPONSABILIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar y capacitar a los integrantes de la unidad operativa en técnicas básicas de primeros auxilios.</li> <li>• Adquirir y disponer de un equipo básico de primeros auxilios.</li> <li>• Elaborar una guía telefónica de emergencia con teléfonos de hospitales, clínicas, centros de salud, médicos y enfermeras que realicen sus actividades entorno a la iglesia.</li> <li>• Elaborar un listado de las religiosas, docentes o estudiantes que asistan a misa que tengan problemas de salud y de ser necesario con la medicación que deban tomar.</li> <li>• Poner en ejecución las actividades previstas.</li> </ul>

---

*Tabla 34 Brigada de Búsqueda, Rescate y Evacuación*

NOMBRES DE LOS MIEMBROS B. BUSQUEDA RESCATE Y EVACUACION	FUNCIÓN	RESPONSABILIDADES PERMANENTES (en el ciclo de la Gestión de la Riesgos)
Titular 1: <b>Ana Romero</b> <b>Michelle Nájera</b>  Apoyo/Reemplazo: <b>Jaime Yáñez</b>	Responsables de la evacuación, búsqueda de heridos, y su traslado al triage.	Distintivo brazalete de color naranja con estrella amarilla  <b>RESPONSABILIDADES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar a sus integrantes en elementales técnicas de búsqueda y rescate.</li> <li>• Adquirir los recursos materiales indispensables para la eficiente operatividad.</li> <li>• Elaborar y actualizar la nómina del personal religioso, docentes y estudiantes por grados, cursos y secciones para realizar el control en la zona de seguridad.</li> <li>• Determinar y señalar las rutas de evacuación.</li> <li>• Colaborar con las otras unidades operativas.</li> <li>• Participar activamente en el simulacro.</li> <li>• Guiar a los evacuados a la zona de seguridad.</li> <li>• Comunicar las novedades existentes al Coordinador.</li> <li>• Dar a conocer a la comunidad los procedimientos a ser puestos en práctica en la evacuación.</li> <li>• Evaluar sus procedimientos e introducir los cambios necesarios.</li> </ul>

*Tabla 35 Brigada de Orden y Seguridad*

NOMBRES DE LOS MIEMBROS BRIGADA DE ORDEN Y SEGURIDAD	FUNCIÓN	RESPONSABILIDADES PERMANENTES (en el ciclo de la Gestión de la Riesgos)
--	---------	---

---

Titular 1: <b>Nancy Pérez</b>	Ubicados en el área de seguridad para delimitar la zona segura coordinando el orden del estudiantado.	Distintivo brazalete de color plomo con estrella amarilla
Apoyo/Reemplazo: <b>Betty Enríquez</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Mantener el orden de todo el estudiantado durante todo el evento.</li></ul>

---

<b>TIPO DE AMENAZA</b>	<b>ACCIÓN DE RESPUESTA INICIAL</b>
<b>SISMO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No desesperarse y mantener la calma.</li> <li>• Buscar un pupitre o mesa sólida y ubicarse debajo.</li> <li>• Mantenerse lejos de ventanas u objetos que puedan caer.</li> <li>• Si vamos a evacuar la iglesia, seguir las instrucciones de evacuación.</li> <li>• Si estamos en una zona abierta, sentarse o arrodillarse lejos de cables eléctricos, árboles, muros, edificios o cualquier estructura que pueda caerse.</li> <li>• Previo a dirigirse a las zonas de seguridad, deberán desenergizarse máquinas o equipos, cortar suministros de gas y otras fuentes alimentadoras de materiales, combustibles u otro tipo de energía.</li> <li>• Durante el proceso de evacuación el Líder o Encargado de Evacuación deberá mostrar una actitud firme y segura, controlando el comportamiento del grupo, dando instrucciones en forma simple y precisa.</li> <li>• Se activa automáticamente el Comité Institucional de Gestión de Riesgo para la toma de decisiones.</li> <li>• Una vez en los puntos de encuentro validar que estén todos, en el caso de que falte alguien, proceder con la Búsqueda y Rescate hasta que lleguen los organismos de respuesta.</li> </ul>
<b>INCENDIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguir las instrucciones de evacuación.</li> <li>• Antes de abrir una puerta, hay que tocarla con el dorso de la mano para ver si está caliente.</li> <li>• Si la puerta está caliente, no la debemos abrir sino buscar otra salida alterna (ventana, puertas traseras).</li> <li>• Si vemos que hay mucho humo, salir de rodillas, en cuclillas o arrastrarnos sobre el piso. Taparnos la boca y nariz con un pañuelo o tela húmeda (saco, bufanda, etc.).</li> <li>• En caso de que las ropas se incendien, debemos tirarnos al piso y rodar sobre nuestro cuerpo.</li> <li>• Se activa automáticamente el Comité Institucional de Gestión de Riesgo para la</li> </ul>

**CENIZA  
VOLCÁNICA**

- toma de decisiones.
- Una vez en los puntos de encuentro validar que estén todos, en el caso de que falte alguien, proceder con la Búsqueda y Rescate hasta que lleguen los organismos de respuesta.
  - Mantén la calma
  - No realices actividades al aire libre y si es posible no salgas.
  - Cierra puertas y ventanas y coloca toallas o trapos húmedos en las rendijas.
  - Si tienes que salir cúbrete con un pañuelo o tapabocas, limpia ojos y garganta con agua pura.
  - Para los ojos, usa lentes protectores, especialmente si usas lentes de contacto.
  - Cubrir cisternas y depósitos de agua.
  - Se activa automáticamente el Comité Institucional de Gestión de Riesgo para la toma de decisiones.

*Tabla 36 Plan de Acción*

**b. Recursos de Respuesta**

A continuación en la tabla 37 se detalla los recursos a movilizarse en una emergencia.

*Tabla 37 Inventario de Recursos de Inmueble Patrimonial*

<b>INVENTARIO DE RECURSOS DEL INMUEBLE PATRIMONIAL</b>		
<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado Bueno</b>
Botiquín de primeros auxilios	1	X
Extintor contra incendios	2	X
Camilla	0	X
Megáfono	1	X
Radio a baterías	0	X
Planta eléctrica	0	X
Lámparas de emergencia o linternas	2	X

Sala de enfermería	0	X
Cartilla con números de emergencia	1	X
Señalética	5	X
Sistema de alarma	1	X
Zonas de seguridad	2	X
Mascarillas	0	X

*Tabla 38 Recursos Institucionales Externos*

Recurso	Presencia		Nombre Inst.	Teléfono	Contacto
	SI	NO			
Institución de Salud	X		Sub Centro de Salud # 2 cantón Chimbo	032988242	Dra. Yomar Abril
Unidad del Cuerpo de Bomberos	X		Unidad de Bomberos del Cantón Chimbo	032988110	Patricio Espinoza
Policía Nacional	X		UPS de San Miguel Gobierno Autónomo	032988640	Personal de turno
Unidades de Gestión de Riesgos	X		Descentralizado del Cantón Chimbo		Arq. Arellano

#### 4.4.2.7. RECUPERACIÓN

Son las decisiones y medidas que se toman después de un desastre con vistas a restablecer o mejorar las condiciones de la iglesia para la comunidad en general.

##### a. Rehabilitación

Consiste en restablecer en corto plazo las condiciones normales, mediante la reparación de los servicios sociales básicos y continuar con el proceso en un lugar alternativo en el caso que la infraestructura se encuentre afectada (tabla 39)



*Tabla 39 Lugar Alternativo del Centro Educativo*

<b>LUGAR ALTERNATIVO DEL CENTRO EDUCATIVO</b>		
<b>LUGAR</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CAPACIDAD</b>
Iglesia Central	Barrio La Merced	600 feligreses.

Algunas de las actividades de rehabilitación no pueden ser realizadas por las religiosas o por la comunidad, porque depende de otras entidades, tales como el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Chimbo, restablecimiento del agua potable o su distribución en carros-tanque o el restablecimiento del suministro de electricidad.

Podemos también ayudar a limpiar las vías que han quedado obstruidas por escombros, producto de un derrumbe o temblor. Participar en la adecuación de alojamientos temporales o en la preparación y repartición de alimentos, etc.

#### **b. Reconstrucción**

Es el proceso de restablecimiento que realizaremos a mediano y largo plazo, de las condiciones físicas, sociales y económicas, para alcanzar un nivel de desarrollo igual o superior al existente antes del desastre se establece en la tabla 40 que se detalla a continuación:

*Tabla 40 Plan de Acción de Reconstrucción*

<b>ÁREA AFECTADA</b>	<b>ACCIÓN A REALIZAR</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>Infraestructura y no estructural.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar evaluaciones con el personal del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y GAD.</li> </ul>	Hna. Emma Sánchez
<b>Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar programa de capacitaciones post desastres en lo psicológico a toda la comunidad.</li> </ul>	Ana María Romero
<b>Salud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestionar y coordinar control de la salud para toda la comunidad en general</li> </ul>	Nancy Pérez

#### 4.4.2.8. TRANSFERENCIA DEL RIESGO

Es necesario trasladar formal e informalmente las consecuencias financieras del riesgo, sea cual sea el evento, en este caso el inmueble patrimonial iglesia San Francisco no cuenta con un seguro que ayude a la recuperación (ver tabla 41).

*Tabla 41 Identificación del Seguro o Reaseguro*

EMPRESA	FECHA INICIAL DE LA PÓLIZA	RESPONSABLE
<b>La iglesia no cuenta con un seguro general que cubra cualquier daño o eventualidad en sus instalaciones.</b>		

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La estructura no presenta la patología de torsión en planta por su buena simetría.
- La edificación que se encuentra adosada a la iglesia sufre del efecto del martilleo.
- Se encontraron fisuras tanto verticales como horizontales, que pueden deberse a asentamientos y desplazamientos horizontales de la estructura.
- Se realizó la medición al detalle de toda la estructura y se elaboran los planos arquitectónicos del inmueble patrimonial en el sistema informático de dibujo y diseño Autocad 2015.
- Se realizó el modelamiento del inmueble patrimonial en el sistema SAP2000 y se concluye que, la estructura presenta daños visibles y es muy flexible por el hecho de no tener paredes internas.
- La deriva máxima en sentido X de la edificación en su estado actual rebasa el límite permitido por la Norma Ecuatoriana de Construcción.
- La estructura no es dúctil para disipar energía deformándose en el rango plástico resulta adecuado darle rigidez para resistir las cargas, en especial las cargas sísmicas.
- Por todo lo anterior expuesto, concluimos que el nivel de vulnerabilidad ante sismo del inmueble patrimonial es **ALTO**, y por ende necesita reforzamiento y rigidez para reducir la vulnerabilidad ante sismos.
- Con la ejecución del reforzamiento, la estructura será capaz de comportarse adecuadamente ante un sismo y podrá considerarse segura.

#### 5.2. Recomendaciones

- Para evitar el efecto de martilleo es recomendable que exista una separación entre la estructura del inmueble patrimonial y el convento.
- Poner en ejecución el plan de reducción de riesgos diseñado para el inmueble patrimonial y articularlo con el establecimiento educativo,

realizando ejercicios de simulacros de evacuación con la comunidad en general.

- Ejecutar la propuesta de reforzamiento de la estructura, considerando la morfología urbana, contribuyendo con el ornato de la ciudad de San José de Chimbo y rescatando los elementos constructivos.
- Reducir el número de personas que ingresan a la iglesia hasta que se ejecute la propuesta de reforzamiento o medidas de mitigación propuestas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Calvillo, J. M. (1997). *Principios de Diseño urbano ambiental*. México: Arbol Editorial.
- CENEL-EP. (22 de FEBRERO de 2017). [www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/TDRs-8.pdf](http://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/TDRs-8.pdf). Obtenido de [www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/TDRs-8.pdf](http://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/TDRs-8.pdf): [www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/TDRs-8.pdf](http://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/TDRs-8.pdf)
- Constitución-de-la-República-del-Ecuador. (2008). *CONSTITUCIÓN 2008*. QUITO: CONSTITUCIÓN 2008.
- Crisafulli, F., & Villafañe, E. (Mayo de 2002). <http://blog.uca.edu.ni>. Obtenido de Espectros de Respuesta y de Diseño: <http://blog.uca.edu.ni/estructuras/files/2011/02/espectros-de-respuesta-y-de-dise%C3%B1o.pdf>
- Díaz, R. (2003). <http://www.tdx.cat>. Obtenido de Metodología para el Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/03CAPITULO2.pdf?sequence=3>
- El-Comercio. (20 de Agosto de 2014). Diario El Comercio. *Los Sismos en el Ecuador*, pág. 1. Obtenido de <http://especiales.elcomercio.com/2014/08/info-sismos/#.WTQrfca1tki>
- El-Telégrafo. (26 de julio de 2016). Diario El Telegrafo. *Ecuador atraviesa por al menos 10 fallas geológicas*, pág. 1. Obtenido de Diario El Telegrafo: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/3/ecuador-atraviesa-por-al-menos-10-fallas-geologicas>
- GAD, Chimbo. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Chimbo*. CHimbo.
- IGEPN. (2017). <http://www.igepn.edu.ec>. Contenido de Glosario Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional:<http://www.igepn.edu.ec/glosario?letter=s>
- Hernández , R., Fernández , C., & Baptista , P. (2006). *Metodología de la Investigación Cuarta edición* . México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Hernandez Pino, F. A. (Octubre de 2016). Intervención post terremoto en edificaciones de adobe con protección patrimonial: análisis comparativo de tres casos en Chile post terremoto 2010. *Intervención post terremoto en edificaciones de adobe con protección patrimonial: análisis comparativo de tres casos en Chile post terremoto 2010*. Chile.

[http://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras\\_en\\_el\\_Hormig%C3%B3n#Identificaci.C3.B3n\\_de\\_las\\_Grietas](http://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras_en_el_Hormig%C3%B3n#Identificaci.C3.B3n_de_las_Grietas). (s.f.).

[http://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras\\_en\\_el\\_Hormig%C3%B3n#Identificaci.C3.B3n\\_de\\_las\\_Grietas](http://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras_en_el_Hormig%C3%B3n#Identificaci.C3.B3n_de_las_Grietas). Obtenido de [http://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras\\_en\\_el\\_Hormig%C3%B3n#Identificaci.C3.B3n\\_de\\_las\\_Grietas](http://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras_en_el_Hormig%C3%B3n#Identificaci.C3.B3n_de_las_Grietas).

Joseph, L. P. (03 de Enero de 2010). <http://www.vc.ehu.es>. Obtenido de Manual de Autocad 2D y 3D:

<http://www.vc.ehu.es/Dtecnico/descargas/manualAutocad2010.pdf>

Moreta Viscarra, J. V. (14 de Agosto de 2015). <http://www.dspace.uce.edu.ec>.

Obtenido de Evaluación estructural mediante el fema 154 del NEC y propuesta de reforzamiento del Centro Educativo Juan Pablo I del D. M. Q: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5295>

Naciones-Unidas. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción de Riesgo de Desastre, 2030*.

NEC. (2015). *Normas Ecuatorianas De La Construcción*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Ortiz, G. H. (2012). *Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan, proyecto de prevención y mitigación del riesgo en el Colegio Nicolás Gómez Dávila I.E.D*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia.

Ortiz, G. H. (2012). <http://www.bdigital.unal.edu.co>. Obtenido de Conceptos básicos sobre terremotos y las causas que lo originan, proyecto de prevención y mitigación del riesgo en el colegio Nicolás Gómez Dávila I.E.D:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/12146/1/gerardohernandezortiz.2012.pdf>

Pareja Zura, F. V. (2011). *Aplicacion del indice de vulnerabilidad GNDT para edificaciones patrimoniales en iglesia Santa Ana*. Chile.

Paula, P. (2013). <http://repositorio.cedia.org.ec>. Obtenido de Perfil Territorial del Cantón Pallatanga:

<http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/853/1/Perfil%20territorial%20PALLATANGA.pdf>

Paz Tiguilla , E. K. (Noviembre de 2012). <http://biblioteca.usac.edu.gt>.

Obtenido de Procedimiento de Cálculo para la Elaboración de Espectros Sísmicos para el Diseño Sismoresistente de Estructuras.: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3486\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3486_C.pdf)

- PDOT, Chimbo. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Chimbo*.
- Perez Del Río, P. P. (2014). *Diagnostico Patologico y de Vulnerabilidad del Antiguo Cartagena*. Cartagena .
- Perichi, C. C. (15 de Enero de 2011).  
[http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Mexico/pdf/CIRO\\_seguridad\\_p.pdf](http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Mexico/pdf/CIRO_seguridad_p.pdf). Obtenido de  
[http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Mexico/pdf/CIRO\\_seguridad\\_p.pdf](http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Mexico/pdf/CIRO_seguridad_p.pdf):  
[http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Mexico/pdf/CIRO\\_seguridad\\_p.pdf](http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Mexico/pdf/CIRO_seguridad_p.pdf)
- Pilamunga Benítez, R. (16 de Agosto de 2016). <http://www.dspace.uce.edu.ec>. Obtenido de EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA SEGÚN LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-SE-RE, 2015) DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PSICOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7025/1/T-UCE-0011-238.pdf>
- PUCE. (2013). *Pontificia Universidad Catolica del Ecuador*. Obtenido de repositorio.puce.edu.ec:  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6007/CATALOGO%20TERREMOTOS%20113-127.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- PUCE. (2013). *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Obtenido de Catálogo de Terremotos del Ecuador-Intensidades-Instituto Geofísico.:  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6007/CATALOGO%20TERREMOTOS%20113-127.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Quinde Martínez , P., & Reinoso , E. (junio de 2016).  
<http://www.scielo.org.mx>. Obtenido de Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2016000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001)
- Quito, R. w. (26 de julio de 2016). *Diario El Telegrafo*. Obtenido de Diario El Telegrafo: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/ecuador/3/ecuador-atravesia-por-al-menos-10-fallas-geologicas>
- Salamanca Nonzoque, L. (21 de Abril de 2016).  
<http://repository.unimilitar.edu.co>. Obtenido de Metodología para estudios de vulnerabilidad sísmica y patología estructural para edificaciones con carácter patrimonial. Caso de estudio: Edificio 21

Complejo Hospitalario San Juan de Dios (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada).:  
<http://hdl.handle.net/10654/15128>

Sant.Marianita, E. (23 de Enero de 2000). Datos Historicos del Templo DE San Francisco . *Datos Historicos del Templo DE San Francisco* . San José de Chimbo, Bolívar, Ecuador: Escuela Santa Mariana de Jesús Molina Barba .

UNICEF. (2010). Referencias conceptuales para la implementacion. En UNICEF, *Indice de Seguridad Escolar - Guia de implementación* (págs. 18, 19, 20, 21, 22, 23). colombia, Perú, Ecuador: UNICEF.

Unidas., N. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción de Riesgo de Desastre, 2030*.

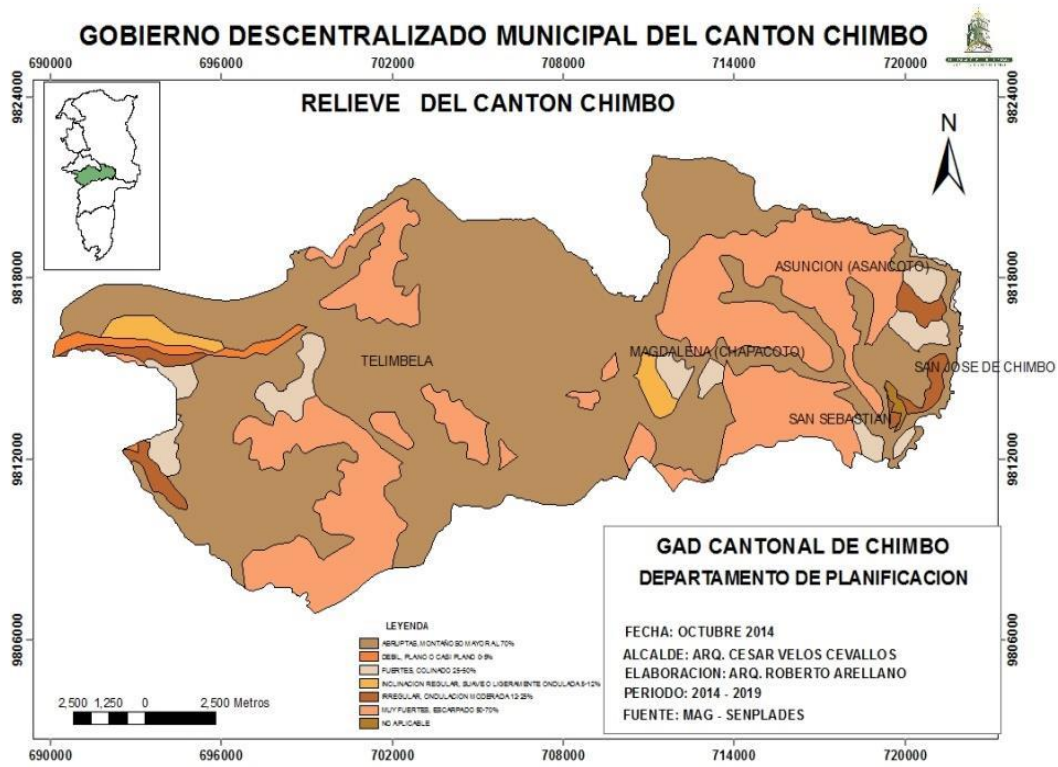
UNISDR. (2015). [http://www.sela.org/media/2262362/america\\_del\\_sur\\_-\\_enfoque\\_para\\_la\\_grd\\_2015.pdf](http://www.sela.org/media/2262362/america_del_sur_-_enfoque_para_la_grd_2015.pdf). Obtenido de [http://www.sela.org/media/2262362/america\\_del\\_sur\\_-\\_enfoque\\_para\\_la\\_grd\\_2015.pdf](http://www.sela.org/media/2262362/america_del_sur_-_enfoque_para_la_grd_2015.pdf): [http://www.sela.org/media/2262362/america\\_del\\_sur\\_-\\_enfoque\\_para\\_la\\_grd\\_2015.pdf](http://www.sela.org/media/2262362/america_del_sur_-_enfoque_para_la_grd_2015.pdf)

Universidad Nacional de Colombia, C. (2011). *ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y PATOLÓGICO DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA*. COLOMBIA: Contrtato Institucional N° 088-2010.



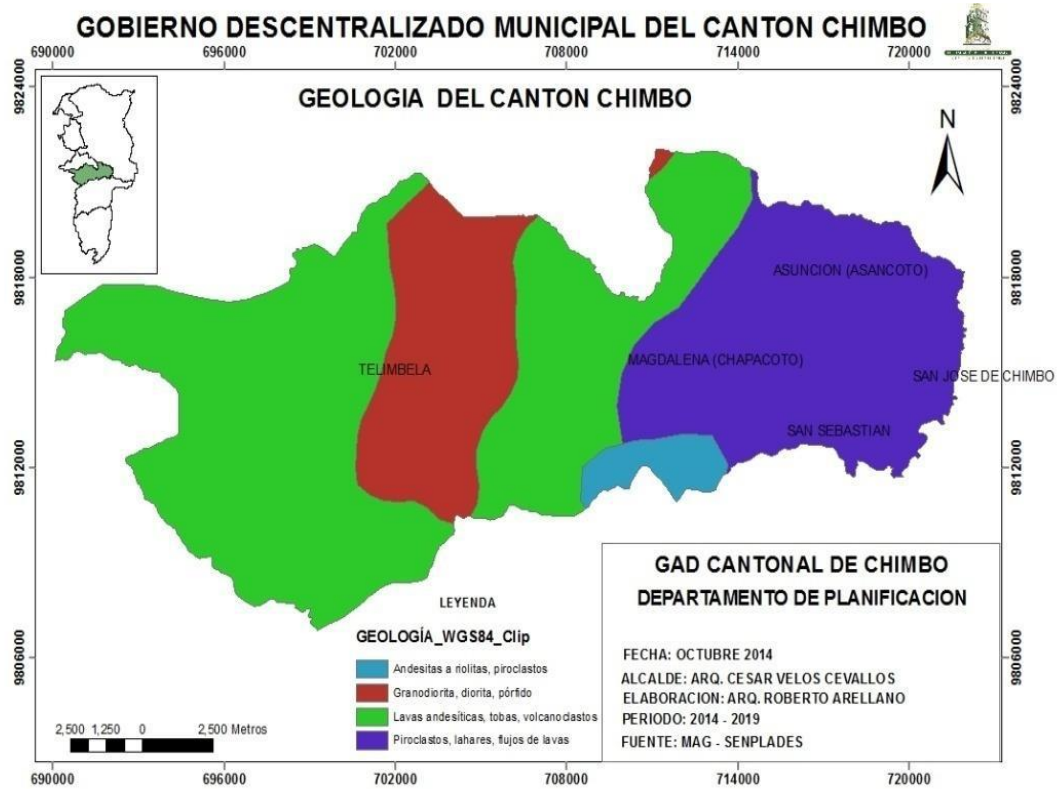
## **ANEXOS**

ANEXO A Relieve del Cantón Chimbo



Fuente: GAD Chimbo.

ANEXO B Geología del Cantón Chimbo



Fuente: GAD Chimbo.

## ANEXO C Datos de Identificación del Área de Estudio

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO					
DATOS DE IDENTIFICACIÓN		DATOS DE LOCALIZACIÓN			
DENOMINACIÓN	Iglesia San Francisco de Chimbo	Provincia	Bolívar	Cantón	Chimbo
NOMBRE DEL PROPIETARIO	Diócesis de Chimbo	Parroquia	San José de Chimbo	Calle Principal	Cristóbal Colón
REGISTRO N°	000023	intersección	10 De Agosto		
COORDENADAS	X	Y	EPOCA DE CONSTRUCCIÓN		AREA DEL INMUEBLE
	9813888,00	719547,00	SIGLO	AÑO	426 m2
	9813917,00	719573,00	XX (1900-1999)	1949	Ancho 12,07m. Largo 53,00m.
	9813902	719541,00	SERVICIOS BASICOS		
	9813902	719580,00	Agua y Alcantarillado	Energía Electrica y teléfono	Otros
TIPOLOGIA Y USOS					
ARQUITECTURA	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	USO	REGIMEN DE PROPIEDAD	ESTADO DE CONSERVACIÓN
Religiosa	Culto	Iglesia	Culto	Religioso	Regular

<b>DESCRIPCIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN</b>					
<b>PAREDES</b>	<b>PATIO</b>	<b>ZAGÚAN</b>	<b>ESCALERA</b>	<b>N° PISO</b>	<b>CUBIERTA</b>
adobón	1	Central	Central	1	Teja
<b>DESCRIPCIÓN VOLUMETRICA DOMINANTE</b>					
<b>FACHADA</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>REMATE DE FACHADA</b>	<b>PORTADA</b>	<b>ARCO</b>	<b>N° PUERTAS/VENTANAS</b>
Recta	Liso	Alero Canecillo, Frontón	Monumental	Medio Punto Rebajado	2 Puertas 9 Ventanas





## ANEXO E Presupuesto de la Propuesta de Reforzamiento

ITEM	RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES
<b>1.-</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1,1	Replanteo Manual	350,00	m2	1,68	588,00	
1,2	Picado de Pared (Para empotrar columnas de madera)	220,00	m	4,26	937,20	
1,3	Picado de Pared (Para empotrar vigas de madera)	90,00	m	4,26	383,40	
1,4	Retiro de ventanas de nadera	21,00	m2	33,89	711,69	
1,5	Retiro de puertas de madera	18,50	m2	17,23	318,76	
1,6	Picoteado de Pared	1.280,00	m2.	1,06	1.356,80	
<b>2.-</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>			0,00		
2,1	Excavación de Plintos (h<= 2.0m)	1,25	m3	12,25	15,31	
2,2	Perforaciones para anclajes	568,00	u	4,39	2.493,52	para anclaje
2,3	Desalojo	42,00	m3	23,35	980,70	
<b>3.-</b>	<b>ESTRUCTURA</b>			0,00		
3,1	Replanteo de H.S. (f'c =180 Kg/cm2)	0,20	m3	137,02	27,40	
3,2	Plintos de H.S. (f'c = 240 Kg/cm2)	1,00	m3	187,18	187,18	
3,3	Columna de madera	96,50	m	59,33	5.725,35	
3,4	Viga de madera	98,00	m	51,58	5.054,84	
3,5	Estructura Espacial de madera	395,00	m	68,62	27.104,90	
3,6	Acero de Refuerzo de 14 mm en adelante*	198,00	Kg	2,28	451,44	
3,7	Malla Electrosoldada 4.5mm (150x150mm)	1.278,00	m2	4,56	5.827,68	
3,8	Hormigón Inyectado	7,50	m3	609,90	4.574,25	
<b>4.-</b>	<b>REVESTIMIENTOS</b>			0,00		
4,1	Enlucido Vertical (Paletado) Mortero 1:6	1.278,00	m2	9,88	12.626,64	
4,2	Estucado exterior	590,00	m2	5,45	3.215,50	
4,3	Estucado interior	695,00	m2	4,98	3.461,10	
4,4	Pintura de Caucho en exteriores	590,00	m2	5,56	3.280,40	
4,5	Pintura de Caucho en interiores	695,00	m2	5,21	3.620,95	
<b>5.-</b>	<b>PISOS</b>			0,00		
5,1	Masillado de Pisos y losas de entrepiso	345,00	m2	8,65	2.984,25	
5,2	Cerámica de Piso	345,00	m2	29,00	10.005,00	
<b>6.-</b>	<b>CARPINTERÍA Y CERRAJES</b>			0,00		
6,1	Montaje de ventanas de madera y vidrio catedral	21,00	u	53,66	1.126,86	Sin relacar
6,2	Montaje de puertas de madera y vidrio catedral	18,50	m2.	40,86	755,91	sin relacar
	<b>TOTAL</b>				<b>97.815,02</b>	

**ANEXO F** Plano a Escala Superior del Inmueble Patrimonial

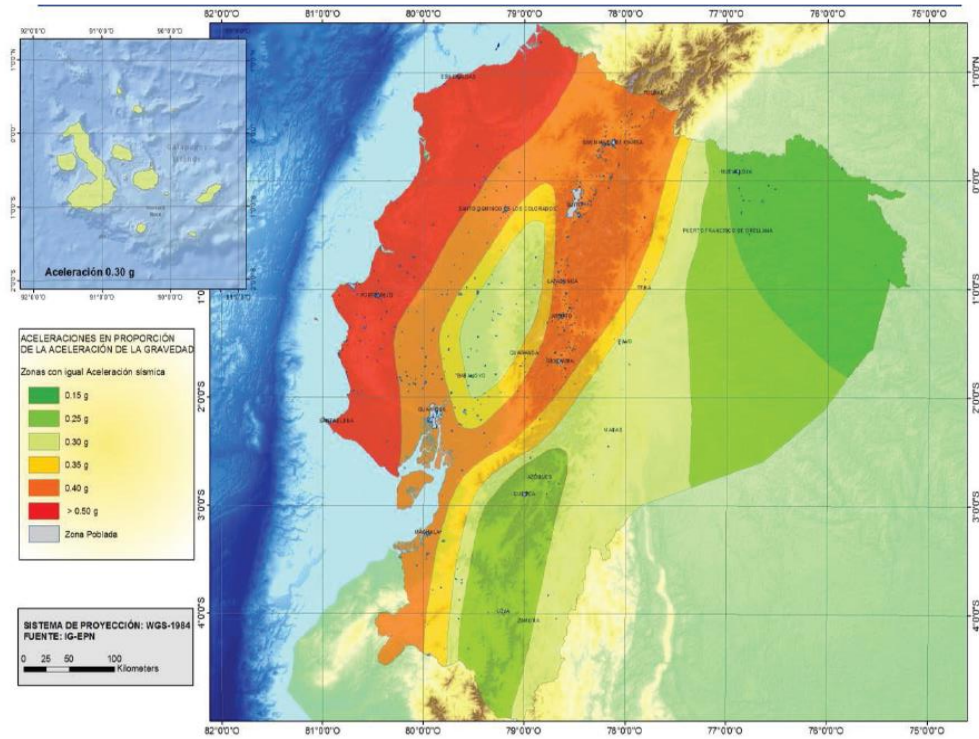




**ANEXO G** Plano de Reforzamiento del Inmueble Patrimonial

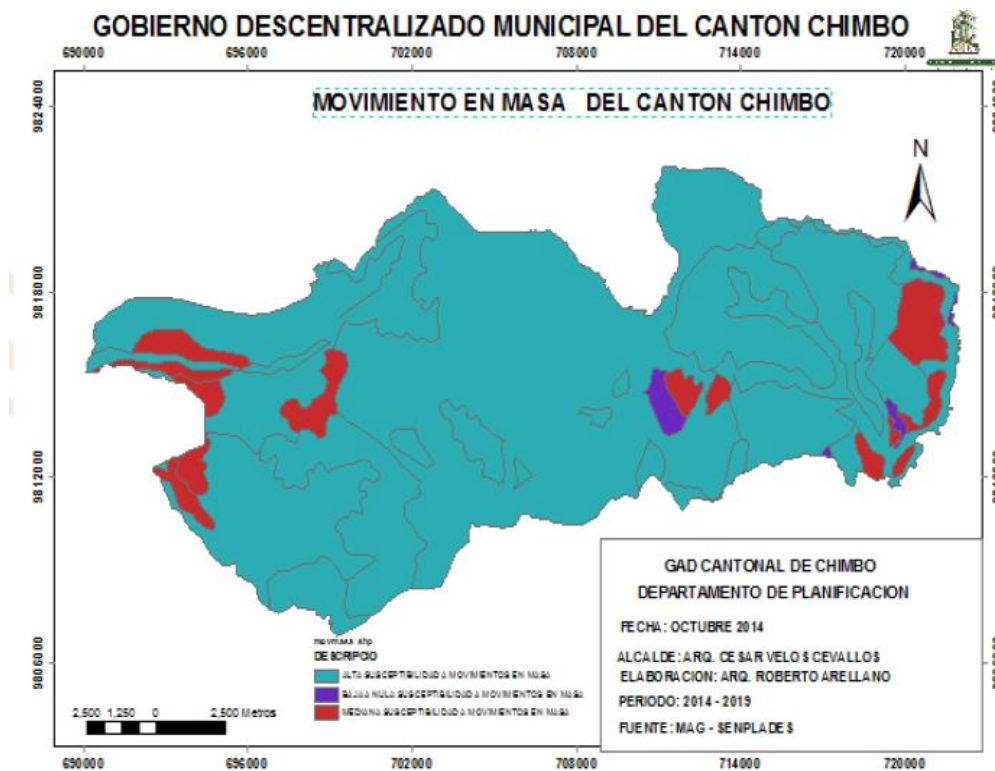


**ANEXO H** Mapa de Zona Sísmicas en Función al Valor del Factor Z



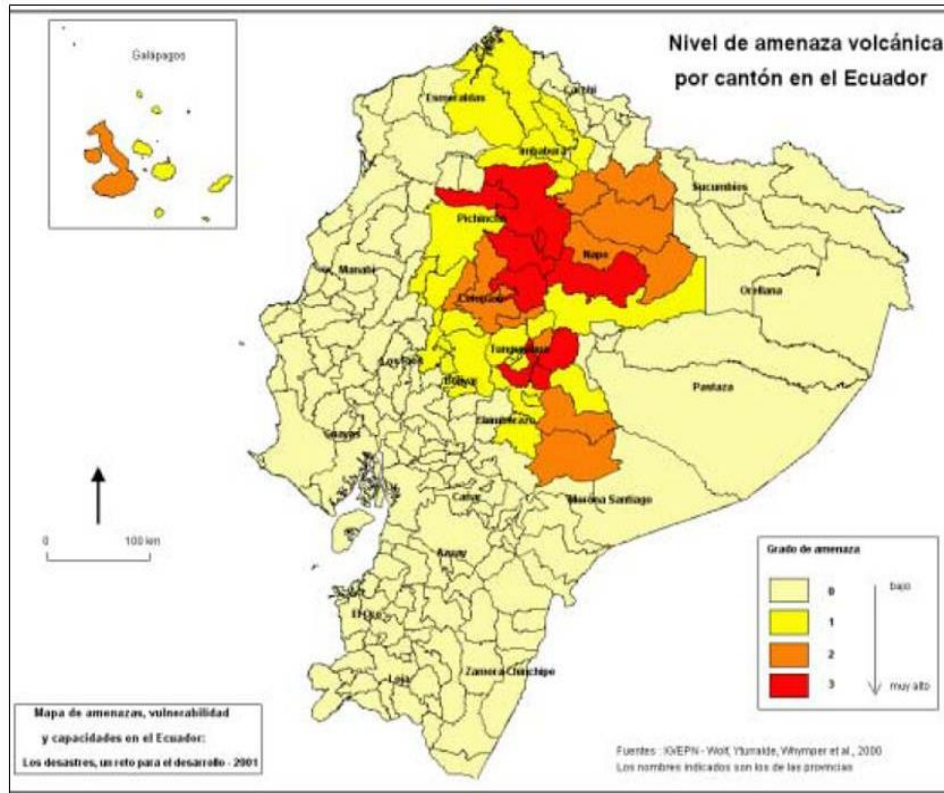
Fuente: NEC, 2015.

**ANEXO I** Mapa de Movimientos en Masa del Cantón Chimbo



Fuente: GAD Chimbo.

**ANEXO J** Mapa de Amenaza Volcánica en el Ecuador



## ANEXO K Método Meseri Iglesia San Francisco

1. Factores propios de las instalaciones	2. Factores de protección
1.1 Construcción	2.1 Extintores
1.2 Situación	2.2 Bocas de incendio equipadas (BIEs)
1.3 Procesos	2.3 Bocas hidrantes exteriores
1.4 Concentración	2.4 Detectores automáticos de incendio
1.5 Propagabilidad	2.5 Rociadores automáticos
1.6 Destructibilidad	2.6 Instalaciones fijas especiales

**Subtotal X: PROPIOS DE LAS INSTALACIONES** - suma de los coeficientes correspondientes a los 18 primeros } factores.

**Subtotal Y: FACTORES DE PROTECCIÓN** - suma de los coeficientes correspondientes a los medios de protección existentes.

**Coefficiente B:** es el coeficiente que evalúa la existencia de una brigada interna contra incendio / personal conocimientos.

FORMULA DE CÁLCULO	$P = 5X / 129 + 5Y / 26 + B$
--------------------	------------------------------

Valor de P	Categoría
0 a 2	Riesgo muy grave
2,1 a 4	Riesgo grave
4,1 a 6	Riesgo medio
6,1 a 8	Riesgo leve
8,1 a 10	Riesgo muy leve

Aceptabilidad	Valor de P
Riesgo aceptable	$P > 5$
Riesgo no aceptable	$P \leq 5$

### Factores X: PROPIOS A LA INSTALACIÓN

	Detalle	Coefficiente	Puntos Otorgados	
1	<b>Altura del edificio / estructura</b>			
	<b>Nro. de pisos</b>	<b>Altura</b>		
	1 ó 2	menor que 6 m	3	3
	3, 4 ó 5	entre 6 y 15 m	2	
	6, 7, 8 ó 9	entre 15 y 27 m	1	
10 ó más	mas de 27 m	0		
2	<b>Superficie mayor sector de incendios</b>			
	de 0 a 500 m <sup>2</sup>	5	0	
	de 501 a 1.500 m <sup>2</sup>	4		
	de 1.501 a 2.500 m <sup>2</sup>	3		
	de 2.501 a 3.500 m <sup>2</sup>	2		
	de 3.501 a 4.500 m <sup>2</sup>	1		
más de 4.500 m <sup>2</sup>	0			

3	<b>Resistencia al fuego</b>			
	Resistente al fuego (estructura de hormigón)		10	0
	No combustible (estructura metálica)		5	
	Combustible		0	
		<b>Detalle</b>	<b>Coficiente</b>	<b>Puntos Otorgados</b>
4	<b>Falsos techos</b>			
	Sin falsos techos		5	0
	Con falso techo incombustible		3	
	Con falso techo combustible		0	
5	<b>Distancia de los bomberos</b>			
	Menor de 5 km	5 minutos	10	6
	entre 5 y 10 km.	5 y 10 minutos	8	
	Entre 10 y 15 km.	10 y 15 minutos	6	
	entre 15 y 25 km.	15 y 25 minutos	2	
	Más de 25 km.	más de 25 minutos	0	
<b>Accesibilidad edificio</b>				
6	<b>Ancho de Vía de acceso</b>		<b>No. Fachadas accesibles</b>	
	Mayor de 4 m	Buena 3 o 4	5	3
	Entre 4 y 2 m	Media 2	3	
	Menor de 2 m	Mala 1	1	
	No existe	Muy Mala 0	0	
<b>Peligro de activación*</b>				
7	Bajo	instalaciones eléctricas, calderas de vapor, estado de calefones*, soldaduras.	10	5
	Medio		5	
	Alto		0	
	<b>Carga de fuego (térmica)*</b>			
8	Baja (poco material combustible)	$Q < 100$	10	5
	Media	$100 < Q < 200$	5	
	Alta (gran cantidad de material combustible)	$Q > 200$	0	
	<b>Combustibilidad</b> (facilidad de combustión)			
9	Baja		5	3
	Media		3	
	Alta		0	
	<b>Orden y limpieza</b>			
10	Bajo		0	5
	Medio		5	
	Alto		10	

11	<b>Almacenamiento en altura</b>		
	Menor de 2 m	3	2
	Entre 2 y 4 m	2	
Más de 4 m	0		
12	<b>Factor de concentración</b>		
	Menor de U\$S 800 m2	3	2
	Entre U\$S 800 y 2.000 m2	2	
Más de U\$S 2.000 m2	0		
		<b>Detalle</b>	<b>Coefficiente</b>
13	<b>Propagabilidad vertical</b> (transmisión del fuego entre pisos)		
	Baja	5	3
	Media	3	
Alta	0		
14	<b>Propagabilidad horizontal</b> (transmisión del fuego en el piso)		
	Baja	5	3
	Media	3	
Alta	0		
15	<b>Destrucción por calor</b>		
	Baja (las existencias no se destruyen el fuego)	10	5
	Media (las existencias se degradan por el fuego)	5	
Alta (las existencias se destruyen por el fuego)	0		
16	<b>Destrucción por humo</b>		
	Baja (humo afecta poco a las existencias)	10	5
	Media (humo afecta parcialmente las existencias)	5	
Alta (humo destruye totalmente las existencias)	0		
17	<b>Destrucción por corrosión y gases*</b>		
	Baja	10	10
	Media	5	
Alta	0		
18	<b>Destrucción por agua</b>		
	Baja	10	5
	Media	5	
Alta	0		
		<b>TOTAL FACTORES X</b>	
			65



<b>Factores Y - DE PROTECCIÓN</b>			
	Sin vigilancia Mantenimiento	Con vigilancia Mantenimiento	Otorgado
Extintores manuales	1	2	1
Bocas de incendio	2	4	2
Hidrantes exteriores	2	4	2
Detectores de incendio	0	4	0
Rociadores automáticos	5	8	5
Instalaciones fijas / gabinetes	2	4	2
<b>TOTAL FACTORES Y</b>			12

**Factor B: BRIGADA INTERNA DE INCENDIO**

<b>Brigada interna</b>	<b>Coefficiente</b>		
Si existe brigada / personal preparado	1		
No existe brigada / personal preparado	0		
		<b>TOTAL B:</b>	<b>0</b>

<b>CALIFICACIÓN RIESGO (TOTAL P) SOBRE 10</b>	<b>4,827072153</b>	<b>Categoría:</b>	<b>Riesgo medio</b>
---	--------------------	-------------------	---------------------

RANGO	MINIMO	CALIFICACION
0 a 2	0	Riesgo muy grave
2,1 a 4	2,1	Riesgo grave
4,1 a 6	4,1	Riesgo medio
6,1 a 8	6,1	Riesgo leve
8,1 a 10	8,1	Riesgo muy leve

## ANEXO L Matriz de Vulnerabilidad Física

IGLESIA					TOTAL	NIVEL
VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES CONSIDERADOS	SISMOS	DESLIZAMIENTOS	VOLCANICO	TOTAL	NIVEL
sistema estructural	Estructura de madera	2	4	4	3	RIESGO ALTO
tipo de material en paredes	Pared de adobe	4	3	4	3	RIESGO ALTO
tipo de cubierta	Vigas de madera y teja	3	3	1	3	RIESGO ALTO
sistema de entrepisos	Vigas y entramado madera	3	1	1	2	RIESGO MEDIO
numero de piso	1 piso	1	4	4	3	RIESGO ALTO
año construcción	Entre 1071 y 1980	3	3	3	3	RIESGO ALTO
estado de conservación	Regular	3	3	3	3	RIESGO ALTO
característica del suelo bajo edificación	Húmedo, blando, relleno	4	3	3	3	RIESGO ALTO
topografía del suelo	Sobre nivel calzada	1	2	2	2	RIESGO MEDIO
forma de la construcción	Regular	1	1	1	1	RIESGO BAJO
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

## ANEXO M Matriz Vulnerabilidad Social

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES CONSIDERADOS	SISMOS	DESLIZAMIENTOS	VOLCANICO	TOTAL	NIVEL
Nivel de organización	Población organizada	2	2	2	2	RIESGO MEDIO
Participación de la población en los trabajos comunitarios de la iglesia.	Participación total	1	1	1	1	RIESGO BAJO
Grado de relación entre las instituciones y organizaciones de respuesta locales.	Fuerte relación	1	1	1	1	RIESGO BAJO
Tipo de integración entre las hermanitas y la comunidad en general.	integración total	1	1	1	1	RIESGO BAJO
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>RIESGO BAJO</b>

### ANEXO N Matriz de Vulnerabilidad Educativa

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES CONSIDERADOS	SISMOS	DESIZAMEINTOS	VOLCÁNICO	TOTAL	NIVEL
Programas educativos (prevención y atención de desastre)	Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres	3	3	3	3	RIESGO ALTO
Programa de capacitación	La población esta escasamente capacitada y preparada	3	3	3	3	RIESGO ALTO
Campañas de difusión sobre Gestión de Riesgo.	No hay difusión	4	4	4	4	RIESGO INTOLERABLE
Alcance de los programas de Gestión de Riesgo sobre grupos educativos.	Cobertura insuficiente, menos de la mitad de la población objetivo	3	3	3	3	RIESGO ALTO
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

### ANEXO O Matriz de Vulnerabilidad Cultural

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES CONSIDERADOS	SISMOS	DESIZAMEINTOS	VOLCANICO	TOTAL	NIVEL
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias	3	3	3	3	RIESGO ALTO
Percepción de las religiosas sobre los desastres.	La mayoría de la población tiene una percepción realista y mas místico y religioso	3	3	3	3	RIESGO ALTO
Actitud de las religiosas frente a la ocurrencia de desastres	Actitud escasamente previsoras	3	3	3	3	RIESGO ALTO
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

**ANEXO P** Matriz de Vulnerabilidad Ambiental

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES CONSIDERADOS	SISMOS	DESLIZAMIENTOS	VOLCANICO	TOTAL	NIVEL
Condiciones atmosféricas	Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal	2	2	2	2	RIESGO MEDIO
Composición y calidad del aire y del agua	Con un nivel moderado de contaminación	2	2	2	2	RIESGO MEDIO
Condiciones ecológicas	Nivel moderado de explotación de los recursos naturales ligero crecimiento de la población	2	2	2	2	RIESGO MEDIO
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>RIESGO MEDIO</b>

**ANEXO Q** Matriz de Vulnerabilidad Económica

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES CONSIDERADOS	SISMOS	DESLIZAMIENTOS	VOLCÁNICO	TOTAL	NIVEL
Activada económica	Medianamente productiva y distribución regular de los recurso	2	2	2	2	RIESGO MEDIO
Acceso al mercado laboral	Oferta laboral menor q la demanda	3	3	3	3	RIESGO ALTO
Nivel de ingresos	Nivel de ingresos que cubren necesidades básicas	3	3	3	3	RIESGO ALTO
Situación de pobreza o desarrollo humano	Población menor porcentaje de pobreza	2	2	2	2	RIESGO MEDIO
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

### ANEXO R Matriz de Vulnerabilidad Científica

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES CONSIDERADOS	SISMOS	DESLIZAMIENTOS	VOLCANICO	TOTAL	NIVEL
Existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales en la localidad	Existen pocos estudios de los peligros naturales	3	3	3	3	RIESGO ALTO
Existencia de instrumentos para medición de fenómenos completos	Población escasos instrumentos	3	3	3	3	RIESGO ALTO
Conocimiento sobre la existencia de estudios	Mínimo conocimiento de los estudios existentes	3	3	3	3	RIESGO ALTO
La población cumple las conclusiones y recomendaciones	Se cumple en mínima proporción las conclusiones y recomendaciones	3	3	3	3	RIESGO ALTO
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>RIESGO ALTO</b>

### ANEXO S Matriz de Vulnerabilidad Política

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	INDICADORES CONSIDERADOS	SISMOS	DESLIZAMIENTOS	VOLCANICO	TOTAL	NIVEL
Autonomía institucional	Total autonomía	1	1	1	1	RIESGO BAJO
Liderazgo político	Aceptación y respaldo total	1	1	1	1	RIESGO BAJO
Participación ciudadana	No hay participación	4	4	4	4	RIESGO INTOLERABLE
Coordinación de acciones entre autoridades locales	Permanece coordinación	1	1	1	1	RIESGO BAJO
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>RIESGO MEDIO</b>

## ANEXO T Ponderación de la Vulnerabilidad Total

<b>VULNERABILIDADES</b>	<b>SISMOS</b>	<b>DESLIZAMIENTOS</b>	<b>VOLCANICO</b>	<b>TOTAL</b>	
FÍSICA	2,50	2,70	2,60	3	RIESGO ALTO
SOCIAL	1,25	1,25	1,25	1	RIESGO BAJO
EDUCATIVA	3,25	3,25	3,25	3	RIESGO ALTO
CULTURAL	3,00	3,00	3,00	3	RIESGO ALTO
AMBIENTAL	2,00	2,00	2,00	2	RIESGO MEDIO
ECONÓMICA	2,50	2,50	2,50	3	RIESGO ALTO
CIENTÍFICA	3,00	3,00	3,00	3	RIESGO ALTO
POLÍTICA	1,75	1,75	1,75	2	RIESGO MEDIO
<b>CALIFICACIÓN GLOBAL DE LA VULNERABILIDAD</b>	2	2	2	2	RIESGO ALTO



## ANEXO V Presupuesto del Proyecto de Investigación

<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>			
<b>TEMA: ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS DEL INMUEBLE PATRIMONIAL, IGLESIA SAN FRANCISCO, DE LA UNIDAD EDUCATIVA SANTA MARIANA DE JESÚS, PARROQUIA CENTRAL DEL CANTÓN CHIMBO DE LA PROVINCIA DE BOLÍVAR, PERÍODO 2017.</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR</b>
1	Licencia del Software SAP2000	\$ 2.765,00	\$ 2.765,00
1	Firma del Ing. Civil para planos arquitectónicos	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
12	Movilización Guayaquil/Chimbo	\$ 5,00	\$ 60,00
25	Movilización Chimbo/Guaranda	\$ 0,50	\$ 12,50
3	Resmas de hojas tamaño A4	\$ 3,00	\$ 9,00
840	Impresiones borradores para correcciones y sustentación	\$ 0,06	\$ 50,40
6	Anillados	\$ 1,50	\$ 9,00
1	Cinta métrica	\$ 35,00	\$ 35,00
1	Distensiómetro láser	\$ 65,00	\$ 65,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 4.205,90</b>