



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA Y PROPUESTA DE
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA STELLA MARIS, UBICADO
EN EL GUASMO SUR DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

TUTOR

Mgtr. Ing. JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

AUTORES

MANUEL ARMANDO LAMBERT LUNA

LUISA LETICIA MENDEZ MARTINEZ

GUAYAQUIL

2023

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural de la iglesia Stella Maris, ubicado en el Guasmo Sur de la Ciudad de Guayaquil.

AUTOR/ES:

Manuel Armando Lambert Luna
Luisa Leticia Mendez Martínez

REVISORES O TUTORES:

Mgtr. Ing. Civil July Roxana Herrera Valencia

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

FACULTAD DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERIA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2023

N. DE PAGS:

124

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción

PALABRAS CLAVE:

Sismo, estructura, patrimonio cultural, software, acero, carbono

RESUMEN:

El presente proyecto se fundamentó en la propuesta de reforzamiento de las columnas y vigas estructurales de la Iglesia Stella Maris situada en una zona del Guasmo considerada altamente vulnerable a sismos, la modelación en el software Etabs permitió evaluar la respuesta dinámica de la estructura ante eventos sísmicos, que es esencial comprender su comportamiento y proponer estrategias adecuadas sismo resistentes basado en normativas vigentes NEC(NORMAS ECUATORIANAS DE LA CONSTRUCCIÓN), ACI 318-14 y ASE 7-16.

La presente investigación demuestra mediante el software Etabs se comparó entre dos técnicas para reforzamiento; encamisado de acero convencional y el

uso de lámina de tejidos de fibra de carbono con la ayuda del indicador sikacarbodur. Esta comparación otorgó que la técnica más óptima es la aplicación del tejido de fibra de carbono ya que es un material compuesto que ha demostrado ser efectivo para el refuerzo de estructuras debido a su alta resistencia a la tracción significativamente mayor que el acero y capacidad que reducirá el efecto a daños frente a un evento sísmico.

Como aporte de la investigación indica que es eficaz la implementación del tejido de fibra de carbono en las estructuras de la iglesia en cuestión ya que, la instalación es relativamente rápida y sencilla, considerando el respectivo análisis de vulnerabilidad sísmica con lineamientos del Instituto Geofísico-EPN y capítulos de las normas de construcción sísmicas vigentes en Ecuador que proporcionan las directrices necesarias que asegurará el reforzamiento estructural sea el más óptimo y efectivo para mejorar las condiciones de la iglesia Stella Maris.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
-------------------------------------------	-----------------------------

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
---------------------	-----------------------------------------------	------------------------------------

CONTACTO CON AUTOR/ES: Manuel Armando Lambert Luna Luisa Leticia Mendez Martínez	Teléfono: +593 986352727 +593 967214368	E-mail: mlambertl@ulvr.edu.ec lmendezm@ulvr.edu.ec
-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mgtr.Genaro Gaibor Spín Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241 E-mail: ggaibore@ulvr.edu.ec Mgtr. Alexis Wladimir Valle Benítez Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec
------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

26/7/23, 11:23

Turnitin - Informe de Originalidad - ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA Y PROPUEST...

Visualizador de documentos

Turnitin Informe de Originalidad

Formado el: 24-jul-2023 17:15 -05
Identificador: 213628654
Número de páginas: 20542
Ensayo(s): 1

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA Y PROPUEST... Por Manuel Y Leticia Lambert Luna Y Méndez Martínez

Índice de similitud: **5%**

Similitud según fuente:
Internet Sources: 2%
Publicaciones: 2%
Trabajos de estudiantes: 1%

eschar citas | Excluir bibliografía | eschar las coincidencias menores | modo: | | |

1% match (Internet desde 18-mar-2012) http://www.cmaofe.nob.gov.ec	10
1% match (Internet desde 13-dic-2020) https://ojs.uno.edu.ec/handle/1644771/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-cia-c...	10
1% match () Estrada Santos, Nayra Alejandra, Yoric Carvajalera, Jory. "Evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en zonas de concreto armado con fibras de carbón en el edificio multifamiliar Nueva Brea - Lima 2019". Universidad Ricardo Palma - 2019	10
<1% match () Molinillo, Fanny. "Influencia de la interacción suelo-estructura en el desempeño estructural de cuerdas continuas de concreto armado sometidas a la acción de cargas dinámicas en sismos cercanos". Universidad Ricardo Palma - 2019	10
<1% match (Internet desde 26-may-2022) https://repositorio.un.edu.ec/	10
<1% match (Internet desde 18-ene-2022) https://repositorio.un.edu.ec/handle/28.500.14138/4771	10
<1% match (Internet desde 03-feb-2022) https://repositorio.unam.edu.ec/bitstream/handle/28.500.12671/17066/fases_of_influencia_de_sismos_cer...	10
<1% match (Internet desde 12-oct-2022) https://repositorio.unam.edu.ec/bitstream/handle/28.500.12671/18096/Carto_influencia_de_sismos_cer...	10
<1% match (Internet desde 28-feb-2022) https://repositorio.un.edu.ec/handle/22436/282/1002/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-cia-c...	10
<1% match (Internet desde 06-abr-2022) https://repositorio.un.edu.ec/bitstream/22436/282/1002/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-cia-c...	10
<1% match (Internet desde 20-mar-2022) https://repositorio.un.edu.ec/bitstream/22436/282/1002/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-cia-c...	10
<1% match () Escobar, Harlan. Julia Francisca. "Estabilización de la subcarretera adyacente zona hospital para movimiento de tierra en la zona de la urbanización". 2022 - Universidad César Vallejo - 2022	10
<1% match () Pacheco, Armando. Ezequiel, Ezequiel, Ezequiel. "Caracterización de suelos no saturados para el diseño de estructuras de concreto armado en las construcciones habitacionales en Lima - Perú". Universidad César Vallejo - 2021	10
<1% match () Barral, Ricardo Daniel. "Influencia de los cambios de uso y configuración de usos en las zonas urbanas de la zona de la urbanización de la zona de la urbanización". 2022 - Universidad César Vallejo - 2022	10
<1% match (Trabajo de los estudiantes desde 09-jul-2022) Submisión de originalidad. Similitud de documentos en 2022-07-09	10
<1% match (Trabajo de los estudiantes desde 09-dic-2022) Submisión de originalidad. Similitud de documentos en 2022-12-09	10
<1% match (Internet desde 02-oct-2022) https://repositorio.un.edu.ec/handle/22436/1002/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-cia-c...	10
<1% match (Internet desde 20-oct-2022) https://repositorio.un.edu.ec/handle/22436/1002/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-cia-c...	10
<1% match (Internet desde 01-oct-2022) https://repositorio.un.edu.ec/	10
<1% match (Trabajo de los estudiantes desde 02-feb-2022) Submisión de originalidad. Similitud de documentos en 2022-02-02	10
<1% match (Internet desde 23-oct-2022) https://repositorio.un.edu.ec/handle/22436/1002/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-cia-c...	10
<1% match (Internet desde 10-feb-2022) https://repositorio.un.edu.ec/handle/22436/1002/universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-cia-c...	10
<1% match (Internet desde 21-mar-2022)	10

https://www.turnitin.com/hwreport_classic.asp?lang=es&oid=2136286544&r=1&bypass_cv=1

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **MANUEL ARMANDO LAMBERT LUNA** y **LUISA LETICIA MENDEZ MARTINEZ**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **Análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural de la iglesia Stella Maris, ubicado en el Guasmo Sur de la Ciudad de Guayaquil**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



MANUEL ARMANDO LAMBERT LUNA

C.I. 0704200807



LUISA LETICIA MENDEZ MARTINEZ

C.I. 0950552273

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **Análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural de la iglesia Stella Maris, ubicado en el Guasmo Sur de la Ciudad de Guayaquil**, designada por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **Análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural de la iglesia Stella Maris, ubicado en el Guasmo Sur de la Ciudad de Guayaquil**, presentado por los estudiantes **MANUEL ARMANDO LAMBERT LUNA** y **LUISA LETICIA MENDEZ MARTINEZ** como requisito previo, para optar al Título de **Ingeniero Civil**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

C.C.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios y la Virgen de la Nube por la vida, a mi madre Lcda. Aura Luna por las voces de aliento y el despertar de cada día para encaminarme por el camino del bien, por el amor incondicional, la confianza y el ánimo que me brinda para poder culminar el desarrollo de esta tesis.

A mi amada esposa Erika Valenzuela por el apoyo y amor que me brinda junto con las inocencias de mis cinco hijos Isaac, Gabriel, Thiago, Armando y Thais que son la energía que necesito para triunfar y lograr todas las metas que me he propuesto en la vida. A mis hermanos Patricia, Lorena, Xavier y Diego y todos mis sobrinos que son mi motivación y ejemplo de lucha y sacrificio para obtener logros en la vida con humildad, responsabilidad y honradez.

A Mgtr. July Herrera Valencia por ser nuestra tutora y poder guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis compartiendo sus conocimientos y experiencias, a mi gran amiga Leticia Mendez que con su carisma y humildad me enseñó que con dedicación y sencillez se logra los objetivos y a todos los docentes de la distinguida Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, por haber impartido sus conocimientos, ética y valores para ser un gran profesional.

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a Dios y a la Virgen de la Nube porque han sido la base divina fundamental otorgando; salud, fuerzas en la carrera profesional, a mi madrecita Lcda. Aura Luna por su amor incondicional, que ha sabido formarme con hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles. De manera especial a mi esposa Ericka Valenzuela por su amor y comprensión que me brinda y a mis amados hijos Isaac, Gabriel, Thiago, Armando y Thais que son la fuente de mi inspiración. A mis abuelitos Zoila Rosa y Manuel Luna, que desde el cielo me iluminaron y me fortalecieron, a mis hermanos y sobrinos que me ayudaron con sus ánimos y lucha constante para seguir con mis estudios y lograr el tan anhelado título de Ing. Civil.

Manuel Armando Lambert Luna

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso y al Divino niño por demostrarme su amor en este proceso; otorgando la fuerza y sabiduría necesaria en mi carrera profesional, a mi padre el Sr. Luis Mendez Campaña, por cuidarme e impulsarme a ser mejor persona cada día.

A mi amada hermana, la Ing. Vilma Mendez quien me acompañó durante esta etapa y creyó en mí, por ser mi gran y mejor ejemplo de superación e inspirarme a seguir adelante y a mis hermanos Luis, Abel y Juan, por todos los consejos y cariño brindado, en especial a mi querida tía la Sra. Leonor Martínez quien supo guiar por el camino del bien inculcando; buenos modales y actitudes positivas para la vida.

A mi gran amigo Manuel Lambert, quien demostró el verdadero valor de la amistad y al Sacerdote Freddy Toapanta por sus palabras de aliento y por la apertura a la edificación en estudio.

A la Mgtr. July Roxana Herrera Valencia, por ser nuestra guía del exitoso proyecto de investigación, por haber depositado su confianza e impartido su gran conocimiento con nosotros permitiendo culminar con profesionalismo este proyecto y a todos los docentes de la prestigiosa Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, por haber compartido sus conocimientos, ética y valores para ser una profesional de éxito.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios y al Divino niño, por haber otorgado salud y sabiduría durante toda mi carrera profesional, a mi mamá quien en vida fue la Sra. Vilma Amparo Martínez Chalen, que desde el cielo ha intercedido en mí caminar y que sus palabras antes de su partida fueron de aliento e inspiración en esta gran profesión y a mis abuelitos Rosendo e Ignacio, mis rayitos de luz que con su cariño alumbraron este gran proceso, aunque ya no cuento con sus presencias físicamente estoy convencida que estarían orgullosos de mí quienes fueron los motores de inspiración y superación, para así obtener este gran título anhelado de Ingeniería Civil.

Luisa Leticia Mendez Martínez

RESUMEN – ABSTRACT

The present project was based on the proposal to strengthen the columns and structural beams of the Stella Maris Church located in an area of Guasmo considered highly vulnerable to earthquakes, modeling in the Etabs software allowed to evaluate the dynamic response of the structure to seismic events, which is essential to understand their behavior and propose appropriate resistant seismic strategies based on current regulations NEC(ECUADORIAN STANDARDS OF CONSTRUCTION), ACI 318-14 and ASE 7-16.

The present investigation demonstrates through the software Etabs was compared between two techniques for reinforcement; conventional steel jacketing and the use of carbon fiber fabric sheet with the help of sikacarbodur indicator. This comparison gave that the most optimal technique is the application of carbon fiber fabric as it is a composite material that has proven effective for reinforcing structures due to its high tensile strength significantly higher than steel and capacity which will reduce the effect to damage from a seismic event.

As a contribution of the research indicates that the implementation of carbon fiber fabric in the structures of the church in question is effective since, the installation is relatively quick and simple, considering the respective seismic vulnerability analysis with guidelines from the Geophysical Institute-EPN and chapters of seismic construction standards in force in Ecuador provide the necessary guidelines that will ensure structural reinforcement is the most optimal and effective to improve the conditions of the Stella Maris church.

KEYWORDS

Earthquake, structure, cultural heritage, software, Steel, carbon

Contenido

1	Diseño de la Investigación	2
1.1	Tema:	2
1.2	Planteamiento del Problema:	2
1.3	Formulación del Problema:	4
1.4	Objetivo General	4
1.5	Objetivos Específicos	4
1.6	Hipótesis	4
1.7	Línea de Investigación Institucional/Facultad	4
2	Marco Referencial	5
2.1	Antecedentes:	5
2.2	Marco Teórico:	7
2.2.1	Ubicación Geográfica	7
2.2.2	Año de la Obra en Stella Maris	9
2.2.3	La Nueva Iglesia	10
2.2.4	Sismos	12
2.2.5	Terremotos	12
2.2.6	Clasificación de Sismos según su Magnitud	13
2.2.7	Actividad Sísmica en Ecuador	13
2.2.8	Línea de Tiempo de Eventos Sísmicos Históricos relevantes	14
2.2.9	Cinturón del Fuego del Pacífico	16
2.2.10	Dinámica de Placas Tectónicas	17
2.2.11	Ondas Sísmicas	19
2.2.12	Vulnerabilidad Sísmica	19
2.2.13	Magnitud y Momento Sísmico	20
2.2.14	Peligro Sísmico	21
2.2.15	Fallas Sísmicas	22
2.2.16	Efectos de Grietas y Fisuras en la Iglesia Stella Maris	23
2.2.17	Sismógrafos	23
2.2.18	Acelerógrafos	24
2.2.19	Zonas Sísmicas según la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC)	26
2.2.20	Espectros	28
2.2.21	Edificaciones Patrimoniales	29
2.2.22	Caracterización Arquitectónica	30

2.2.23	Reforzamiento Estructural	36
2.2.24	Reforzamiento con Fibra de Carbono (CFRP).....	36
2.2.25	Reforzamiento con Encamisado de Acero.....	46
2.3	Marco Legal:	49
2.3.1	NORMAS NEC-2015:	51
2.3.2	NORMAS ACI 318-14.....	59
2.3.3	NORMAS ASCE 7-16.....	60
3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
3.1	Enfoque de la investigación	64
3.2	Alcance de la investigación.....	64
3.3	Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	65
3.4	Población y muestra.....	65
3.5	Tipos de Muestra en investigación cualitativa	65
3.5.1	Tabulación de los datos de la encuesta.....	65
4	Propuesta.....	72
4.1	Presentación y Análisis de Resultados	73
4.1.1	Registros acelerógrafos.....	73
4.1.2	Modelamiento Estructural mediante la Técnica Convencional Encamisado de Acero según ETABS v20.....	82
4.1.3	Columna Estructural con Refuerzo en Encamisado de Acero	84
4.2	Propuesta.....	87
4.2.1	Reforzamiento Estructural mediante la Fibra de Carbono	87
4.2.2	Especificación de Producto	94
5	CONCLUSIONES	95
6	RECOMENDACIONES	97
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
8	Referencias.....	98
9	ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de los sismos según su magnitud Mw.....	13
Tabla 2	Factor de zona "Z", NEC-SE	27
Tabla 3	Información técnica de la fibra de carbono SikaWrap-600 C.....	41
Tabla 4	Recomendaciones del producto.....	43
Tabla 5:	Valores de ΔM máximos, expresados como fracción de la altura de piso	52

Tabla 6 Niveles de amenaza sísmica	53
Tabla 7 Método para determinación del periodo de vibración T	57
Tabla 8 11.6-1 Categoría de diseño sísmico basada en períodos cortos	62
Tabla 9 11.6-2 Categoría de diseño sísmico basada en un período de 1 s.....	63
Tabla 10 Registro acelerógrafo desde:	73
Tabla 11 Registro acelerógrafo hasta:	73
Tabla 12 Factores de carga	88
Tabla 13 Propiedades del refuerzo FRP	89
Tabla 14 Tensión y deformación de los refuerzos.....	91
Tabla 15 Tensión y deformación de los refuerzos.....	92
Tabla 16 Tensión y deformación de los refuerzos.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Micro-localización "Iglesia Stella Maris"	7
Figura 2 Viviendas en asentamiento del Guasmo informal	8
Figura 3 Expropiación de viviendas en asentamientos informales	9
Figura 4 Proceso constructivo de la Iglesia "Stella Maris" con material de caña Guadua.	10
Figura 5 Primera iglesia levantada con la ayuda de los moradores.	10
Figura 6 La nueva iglesia construida con hormigón armado 1981.....	11
Figura 7 Estado actual de la Iglesia Stella Maris	11
Figura 8 Mapa de sismos persistentes en las Provincias del Ecuador	14
Figura 9 Línea de tiempo de los terremotos evidenciados en Ecuador	15
Figura 10 Cinturón de fuego o anillo de fuego.....	16
Figura 11 Efecto transformante o fricción	17
Figura 12 Efecto divergente o constructivo	18
Figura 13 Efecto convergente o destructivo.....	18
Figura 14 Efecto de las ondas sísmicas.....	19
Figura 15 Mapa de peligro sísmico	21
Figura 16 Fallas geológicas de San Andrés	22
Figura 17 Fisuras presente en Paredes	23
Figura 18 Equipos sismográficos.....	24
Figura 19 Forma de instalación del acelerómetro.....	25
Figura 20 Equipo acelerómetro en función	26
Figura 21 Zonificación sísmica.....	27
Figura 22 Espectro sísmico elástico de aceleraciones	29
Figura 23 Fisura en Columna Estructural.....	31
Figura 24 Vigas de hormigón armado.....	32
Figura 25 Armado en cercha	32
Figura 26 Columnas internas en estructuras metálicas	33
Figura 27 Torre de cerchas.....	33
Figura 28 Vista en planta de la iglesia Stella Maris	34
Figura 29 Vista frontal de la iglesia Stella Maris	35
Figura 30 Refuerzo en nudo con fibra de carbono	37
Figura 31 Preparación en húmedo de la fibra de carbono	45

Figura 32	Fibra de carbono.....	45
Figura 33	Reforzamiento con fibra de carbono	46
Figura 34	Encamisado de columna de concreto	47
Figura 35	Nomenclatura del producto.....	48
Figura 36	Pregunta 1	66
Figura 37	Pregunta 2	66
Figura 38	Pregunta 3	67
Figura 39	Pregunta 4	67
Figura 40	Pregunta 5	68
Figura 41	Pregunta 6	68
Figura 42	Pregunta 7	69
Figura 43	Pregunta 8	69
Figura 44	Pregunta 9	70
Figura 45	Pregunta 10	71
Figura 46	Ingresos de los datos correspondientes	74
Figura 47	Ingreso de datos	74
Figura 48	Datos de la Red Nacional de acelerógrafos.	75
Figura 49	Gráficos de aceleración, velocidad y desplazamiento.	75
Figura 50	Valores otorgados por IGEPN.....	76
Figura 51	Gráfica del tiempo	76
Figura 52	Gráfico de respuesta en tiempo de historia.	77
Figura 53	Gráfica de fuerza y desplazamiento.....	77
Figura 54	Gráfico de espectros de tiempo de historia en velocidad.....	78
Figura 55	Gráfico de espectros de tiempo de historia en aceleración.	78
Figura 56	Gráfico de espectros de tiempo de historia en desplazamiento.	79
Figura 57	Gráfico de espectro de respuesta.....	79
Figura 58	Gráfico de espectro de respuesta.....	80
Figura 59	Gráfica de tiempo de respuesta	80
Figura 60	Espectro de respuesta.....	81
Figura 61	Espectro de respuesta.....	81
Figura 62	Viga con sección 20 x 20 cm con una luz de 3.69m.....	82
Figura 63	Viga empotrada en sus extremos	82
Figura 64	Aplicación de carga muerta y viva	83
Figura 65	Momentos y cortantes	83
Figura 66	Columna de sección 25 x 25 cm con refuerzo de 10 mm.....	84
Figura 67	Medidas.....	84
Figura 68	La carga axial factorada de la columna excede la fuerza de Euler....	85
Figura 69	Etabs Concrete Frame Design	85
Figura 70	Diagrama de interacción	86
Figura 71	Modelo de columna en Etabs	86
Figura 72	Ingreso de datos	87
Figura 73	Sección de columna.....	87
Figura 74	Factores de reducción de resistencia	88
Figura 75	Refuerzo FRP	88
Figura 76	Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP).....	89
Figura 77	Resultados.....	90
Figura 78	La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que esté presente durante periodos de tiempo prolongados.....	90
Figura 79	Diagrama de equilibrio de la sección	91

Figura 80	Sección sin reforzar	91
Figura 81	Sección reforzada con cargas previstas mayoradas	92
Figura 82	Gráfico de sección reforzada.....	92
Figura 83	Sección reforzada bajo cargas de servicio.....	93
Figura 84	Reforzamiento de columna con tejido de fibra de carbono	94
Figura 85	Reunión de directivas barriales	104
Figura 86	Visita del Monseñor Olindo a las viviendas alrededor de la Iglesia .	104
Figura 87	Visita al museo del Monseñor Olindo para fines investigativo	105
Figura 88	Visita de observación para conocer el estado actual de la iglesia ...	105
Figura 89	Columnas y puertas principales	106
Figura 90	Columnas de gran dimensión.....	106
Figura 91	Medidor láser de distancias	107
Figura 92	Efectos de sismo 2016	107
Figura 93	Efectos de réplicas sísmicas.....	108
Figura 94	Plantilla del formulario de Google	109
Figura 95	Detalle de viga de tipo cerchas	110
Figura 96	Isométrico de armadura de rígidez	110

INTRODUCCIÓN

Actualmente el campo de la Ingeniería Civil, orientado al ámbito de construcciones en estructuras de hormigón armado o acero estructural como es el caso de las edificaciones consideradas patrimonio cultural construidas con métodos y materiales de épocas antiguas, requieren de un reforzamiento, empleando y buen uso de los criterios, normativas y software para un óptimo desempeño a evidenciar sismos de menor y mayor magnitud.

No obstante, pese a la buena calidad de los materiales de aquella época, el uso diario es inminente y las técnicas de protección deben de ser aplicadas para otorgar la estabilidad apropiada a las estructuras. El especialista de la rama de la ingeniería propone cumplir con parámetros de normativas, especificaciones técnicas vigentes con la finalidad de satisfacer las necesidades que se exponen en el proceso constructivo de las edificaciones, logrando así diseños estructurales sofisticados que resistan eventos sísmicos a grandes escalas que son producidos por la naturaleza.

Es preciso resaltar, que mediante este proyecto de investigación se propone el análisis de vulnerabilidad sísmica y dos propuestas que corresponden a la implementación de recubrimiento estructural en vigas y columnas con polímero reforzado con fibra de carbono o encamisado de acero para mejorar la ductilidad de la edificación analizada.

CAPÍTULO I

Diseño de la Investigación

1.1 Tema:

Análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural de la Iglesia Stella Maris, ubicado en el Guasmo Sur de la ciudad de Guayaquil.

1.2 Planteamiento del Problema:

Actualmente, Ecuador se considera un país predominante en sismos por su ubicación geográfica, el mismo que se localiza en el Anillo de Fuego del Pacífico lo que origina eventos telúricos impactando a las edificaciones de alta vulnerabilidad, con más de 40 años de construcción debido al diseño y material de épocas antiguas. Por estas condiciones, las estructuras con esta longevidad no tienen un desempeño sísmico adecuado, lo que ha afectado a nivel nacional tanto la economía como el bienestar ciudadano de la zona donde se suscita el evento y su entorno, en especial cuando son extremos.

Es preciso recalcar que los sismos y epicentros son persistentes en las regiones del territorio ecuatoriano, Guayaquil siendo de las zonas costeras la ciudad más importante del país y la capital económica siempre ha sido una de las más afectadas por sismos de menor y mayor magnitud, porque se encuentra ubicada a 160 km de la trinchera originado por la colisión entre la placa Nazca y la placa Sudamericana donde se presenta el llamado fenómeno de la subducción es por esto que las placas tectónicas o geológicas están en constante y severo movimiento.

Por otro lado, el tipo de suelo que incide en la vulnerabilidad sísmica en el 90% es considerado blando de tipo arcilloso mientras que el 10% tiene características rocosas y suave que comprende la zona norte del territorio, es por estos factores que la ciudad de Guayaquil es altamente vulnerable; razón que da cobertura a los sismos por consecuencia de su localización al pie del Río Guayas y Babahoyo por el Este y rodeado de esteros por el Sur. A ello se aporta que la ciudad se encuentra en un nivel freático de 4 m sobre el nivel del mar y su expansión obedece a rellenos técnicos de épocas antiguas.

Las construcciones de las zonas por frecuencia de actividad sísmica es una amenaza para que se dañen o colapsen las estructuras porque no cumplen con la óptima resistencia en el acontecimiento del fenómeno, los epicentros pueden estar a 200 o 300 km de distancia y sin duda alguna afectan a edificaciones que estén construidas de hormigón armado.

No obstante, los sismos y terremotos más fuertes que se han evidenciado en el país han dejado secuelas irreparables en el Cantón Guayaquil y sus alrededores, el 16 de abril del 2016 Ecuador, según el Instituto Geofísico- IGPEN reportó un terremoto de gran magnitud de 7.8 grados en la escala de Richter, aquel evento sísmico dejó como resultado el fallecimiento de cientos de vidas humanas y de millones de dólares en pérdidas materiales, ya que las edificaciones construidas colapsaron a su paso por la baja calidad de materiales y construcciones que se deben a épocas pasadas.

La conservación de un patrimonio cultural del Ecuador, necesita de una orientación multidisciplinaria con la intención de extender la ductilidad de las estructuras a analizar, buscando de la manera más óptima y eficaz adquirir el mejor comportamiento ante diversos eventos sísmicos, mediante la ayuda de técnicas estructurales basadas con normas legales vigentes.

En el caso de la Iglesia Stella Maris situado en el Guasmo Sur un barrio marginal informal, que ocupa gran parte del Sur de Guayaquil esta zona fue denominada así debido a la gran cantidad de guasmos, que son árboles tropicales de tamaño mediano, que existieron en un comienzo antes de que fueran talados por los habitantes que invadieron esta área, la iglesia se asienta en sedimentos aluviales considerado como baja vulnerabilidad siendo una de las más antiguas estructuras en la ciudad de Guayaquil desde su inauguración el 14 de Abril de 1984 ha soportado sismos de mayor intensidad experimentando daños leves que a partir de entonces es una de las iglesias que está en constante renovación; ampliación y mantenimiento en toda la infraestructura.

El presente proyecto surge a consecuencia de este problema que es latente y requiere de atención inmediata. Por ello, se recurre al análisis del grado de vulnerabilidad sísmica que permita identificar el comportamiento de la causa-sismo y

efecto-daño con propuesta de reforzamiento considerando las normas NEC-2015 de sismos para estructuras patrimoniales, finalmente se propone dos alternativas de reforzamiento estructural que consiste en el refuerzo de polímero con fibra de carbono o encamisado de acero, mejorando las condiciones de resistencia y rigidez en las estructuras de la iglesia. El proyecto va a contribuir con la optimización de los parámetros tiempo, materiales y costo logrando causar la mínima invasión posible que pueda afectar al valor histórico que tiene la infraestructura.

1.3 Formulación del Problema:

¿De qué manera incidirá el análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural de la Iglesia Stella Maris?

1.4 Objetivo General

Analizar la vulnerabilidad sísmica y proponer alternativa de reforzamiento estructural para la iglesia Stella Maris, ubicado en la ciudad de Guayaquil.

1.5 Objetivos Específicos

- Definir las estructuras con vulnerabilidad sísmica de la edificación mediante dispositivos acelerómetros.
- Evaluar las condiciones de irregularidad con base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción de sismos.
- Aplicar una técnica de reforzamiento en las estructuras que consta de polímeros de fibra de carbono.

1.6 Hipótesis

Con los estudios del análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento de la estructura de la iglesia se logrará adoptar acciones para mitigar daños estructurales de riesgo sísmico.

1.7 Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

CAPÍTULO II

Marco Referencial

2.1 Antecedentes:

Este trabajo de investigación se desarrolló a partir de datos y resultados obtenidos por estudios realizados de otros autores, que fueron imprescindibles para el desarrollo del presente proyecto el mismo que dará la respectiva validez al tema que se está estudiando.

Según Altamirano H y Oblitas M, (2022) en su proyecto de investigación explicaron los niveles de daños que originan los terremotos que se encuentran relacionados a las condiciones de suelos, las características de terremotos y sus propiedades estructurales de las edificaciones con años de antigüedad que se deben al proceso constructivo en escasa consistencia que son: Condiciones de suelo, características del terremoto, propiedades estructurales de las edificaciones.

A través de Cevallos J y Caiza J, (2022) en su trabajo de investigación experimental indicaron que para obtener el grado de vulnerabilidad sísmica es preciso realizar una medición de vibraciones para definir senderos críticos con la herramienta Walking Vibration de Etabs y así poder aplicar la propuesta de reforzamiento de arriostramientos concéntricos en X de acero.

En un estudio de Paredes H, (2022) llevó a cabo, el proyecto de evaluar y determinar la estructura dañada y el porqué de los daños sufridos como fisuras, grietas en estructuras de vigas y columnas. En este sistema de reforzamiento aplicado con encamisado de concreto armado se logró mejorar el comportamiento estructural.

Loja W et al., (2019) realizaron un estudio que permitió tener una clara idea general de vulnerabilidad que presenta un sitio frente a la ocurrencia de un evento sísmico y a la vez generar conciencia de las prácticas constructivas con el diseño de un software que generó el cálculo, registro y visualización de diversas características y vulnerabilidad sísmica de las estructuras.

La investigación para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de una edificación tuvo por objeto la aplicación de técnicas, según Julber, (2021) “identificar las fallas y analizar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada del A.H la primavera III-etapa, distrito de Castilla, provincia y departamento de Piura” (p. 16).

Durante los últimos años se ha ido desarrollando métodos de análisis de vulnerabilidad sísmica, no obstante “se refiere a la probabilidad o grado de daños que puede tener una estructura bajo un sismo de características determinadas” (Carreón, 2021, p. 9)

Según Estrada K y Vivanco N, (2019) demostraron que, en un análisis técnico-económico, implica evaluar las características técnicas de las estructuras existentes en las construcciones informales, como es resistencia, durabilidad, estabilidad y funcionalidad. Se examinan aspectos como los materiales utilizados, los métodos de construcción y los posibles problemas de seguridad. Posteriormente, se realiza la relación beneficio-costos de las mejores propuestas identificadas en áreas en las que se pueden realizar mejoras para optimizar el desempeño de las estructuras.

La sismología “es una rama de geofísica que se encarga del estudio de los sismos y todos los aspectos relacionados con este, por ejemplo; las características de las ondas que se desplazan al interior de la tierra, los procesos de registro sísmico, entre otros”, Se centra en entender cómo se generan los terremotos, qué los provoca y cómo se propagan las ondas sísmicas en el interior de la tierra. Utiliza técnicas y herramientas para medir, registrar y analizar los sismos, como sismógrafos y estaciones sísmicas. (Del Carpio F et al., 2023, p. 8)

Según Huaytalla E y Viñas M, (2022) determinaron de qué manera el análisis comparativo entre el método de encamisado y la aplicación de sikawrap-600C, permite determinar el mejor y óptimo reforzamiento estructural frente a un evento sísmico. Ambos métodos son utilizados para fortalecer estructuras existentes y mejorar su capacidad de resistencia a fuerzas sísmicas.

Imaginario Social, (2021) resalta en el artículo, que la iglesia como patrimonio religioso provee de un valor estético y sagrado que se asocian a sitios o hábito religioso. Hace aproximadamente cinco siglos se construyó la primera iglesia en el Ecuador en un valle fluvial que bordea la montaña más alta del Chimborazo, un sitio

poblado de Colta, la construcción de la primera iglesia en el territorio ecuatoriano “La Balbanera” inició el 15 de agosto de 1534 desde entonces considerado como Patrimonio religioso.

2.2 Marco Teórico:

2.2.1 Ubicación Geográfica

La iglesia “Stella Maris” fue construida en Guayaquil, Ecuador. Es tan antiguo como la mayoría de edificaciones eclesiásticas, el conjunto estructural de la iglesia se atribuye al diseño elaborado por Monseñor Olindo y a los moradores de la zona, localizada en la Av. Monseñor Domingo Comín del Guasmo Sur.

Figura 1 Micro-localización "Iglesia Stella Maris"



Fuente: Google maps, (2015)

Núñez J, (2009) en su libro resaltó la historia del Guasmo Sur, que tiene sus orígenes en una extensa hacienda que abarcaba toda la zona y pertenecía a la familia Velasco Parra, una honorable familia guayaquileña. Después de la dolorosa partida de su propietario, su viuda vendió la hacienda en el año 1915 a Xavier Marcos, quien también era adinerado. A partir de 1948, comenzaron a surgir asentamientos informales de inmigrantes campesinos en la zona. Estos asentamientos surgieron debido a causas sociales similares a otras invasiones de tierras en la ciudad. Guayaquil, siendo el único centro urbano que experimentaba un verdadero crecimiento económico en el país en aquel entonces, se convirtió en el destino principal de la emigración masiva de campesino que habitaban en condiciones sociales precarias.

El Guasmo era un barrio informal y marginal que abarcaba una gran parte del sur de Guayaquil-Ecuador, y tiene una extensión de más de 19 millones de metros cuadrados. Esta área recibió su nombre debido a la presencia abundante de guasmos, árboles tropicales de tamaño mediano, que se encontraban antes de ser talados por los habitantes que invadieron la zona Sur.

Figura 2 Viviendas en asentamiento del Guasmo informal



Fuente: Nuñez J, (2009)

A su vez, una gran cantidad de personas inmigraron a la ciudad que provenían de la región Sierra, donde la mayoría de los ebanistas tenían su origen. A partir de 1954, esta zona comenzó a ser habitada y rápidamente se convirtió en la zona más densamente poblada del sur de la ciudad. Este fenómeno demográfico se aceleró significativamente a partir de ese año. En colaboración con la Junta Militar de Gobierno, se llevó a cabo la expropiación justa de estos terrenos.

Figura 3 Expropiación de viviendas en asentamientos informales



Fuente: Nuñez J, (2009)

2.2.2 Año de la Obra en Stella Maris

El padre Olindo Spagnolo, dejó su Italia natal y llegó a Guayaquil el 15 de abril de 1980, donde fue asignado como pastor. En ese momento, Monseñor Bernardino Echeverría Ruiz era el Arzobispo de Guayaquil, y fue él quien solicitó la presencia misionera comboniana en el Guasmo. Esta área estaba invadida de abusos territoriales constantes y habitada por 125.000 personas. Estaba llena de viviendas en situación precaria, condiciones insalubres como; charcos de agua estancada con malos olores, calles intransitables. En ese contexto, se celebró una reunión más tarde en la que el Padre Echeverría y Riva expusieron la necesidad de establecer dos parroquias para fomentar la vida comunitaria. El Monseñor Olindo en su nobleza aceptó rápidamente la propuesta y se comprometió con el apostolado en el Guasmo. Poco después, Monseñor Bernardino Echeverría se dirigió a la comunidad del Guasmo a través de una intervención radial, hablando sobre la toma de posesión del terreno, en mayo de 1980, el padre Olindo comenzó a recorrer extensamente el Guasmo y a planificar la obra en Stella Maris, donde celebró la primera, de las miles de eucaristías que tendrían lugar en la zona. (p.8)

Figura 4 Proceso constructivo de la Iglesia "Stella Maris" con material de caña Guadua.



Fuente: Nuñez J, (2009)

Figura 5 Primera iglesia levantada con la ayuda de los moradores.



Fuente: Nuñez J, (2009)

2.2.3 La Nueva Iglesia

El año 1981 fue de gran relevancia para la parroquia Stella Maris, ya que se dio inicio a los trabajos de construcción de este proyecto, el cual demandó un largo periodo debido a diversos factores relacionados con el clima y la economía. Sin

embargo, el 14 de abril de 1984, se logró concluir la edificación de la nueva iglesia Stella Maris, incluyendo la total pintura de su fachada. Este importante logro fue confiado a los combonianos del Guasmo Sur y se dedicó a la Virgen María con el nombre de Stella Maris. (p.8)

Figura 6 La nueva iglesia construida con hormigón armado 1981



Fuente: El Universo, (1981)

Figura 7 Estado actual de la Iglesia Stella Maris



Tomado por: Lambert y Mendez (2023)

2.2.4 Sismos

García L et.al, (2021) demostró que, la mayor parte de la población ecuatoriana se encuentra asentada en las zonas de convergencias de placas tectónicas presentando un alto peligro sísmico, es relevante conocer la localización para saber el tipo de suelo antes de construir una edificación.

Espíndola V y Pérez X, (2018) mencionaron que un sismo es el resultado de una alteración que acontece, este puede darse en la superficie o a su vez en el interior de la tierra, el sitio donde se origina la alteración se lo reconoce como la fuente sísmica, foco o hipocentro.

2.2.5 Terremotos

En este estudio Malavé J, (2022) aseguró que los terremotos son fenómenos que no se pueden predecir a ciencia cierta ni evitar, son desastres naturales, es relevante conocer el peligro sísmico de una zona o región para realizar planes de contingencia y tomar todas las precauciones posibles constructivas ante un evento de mayor magnitud haciendo uso de especificaciones técnicas vigentes.

González, H (2019) mencionó que, el termino sismo proviene del griego seísmo que significa temblor o sacudida, esta palabra se utilizó para describir los fenómenos naturales en los que la tierra se sacude debido a la liberación de energía acumulada. Por otro lado, el término terremoto proviene del latín terra-tierra y motus-movimiento lo que significa movimiento de la tierra.

2.2.6 Clasificación de Sismos según su Magnitud

Tabla 1 Clasificación de los sismos según su magnitud Mw

Clase	Magnitud
Gran intensidad	>8
Mayor intensidad	7-7.9
Fuerte intensidad	6-6.9
Moderada intensidad	5-5.9
Leve intensidad	4-4.9
Menor intensidad	3-3.9

Nota: Esta tabla muestra los valores de magnitud de sismos a nivel mundial

Fuente: Chancay A, (2020)

Elaborado por: Lambert y Mendez (2023)

2.2.7 Actividad Sísmica en Ecuador

Instituto Geofísico-EPN, (s.f) mencionó que es la institución encomendada de monitorear y evaluar las amenazas relacionadas con terremotos y volcanes de la Escuela Politécnica Nacional que se declara, la entidad principal como el centro de investigación sísmica en nuestra nación. Por otro lado, es importante recordar que Ecuador es un país con una actividad sísmica y volcánica muy elevada, existe alrededor de 27 volcanes incluyendo las islas Galápagos, por esto la actividad volcánica también es una de las causas por la cual se originan los sismos.

Figura 8 Mapa de sismos persistentes en las Provincias del Ecuador

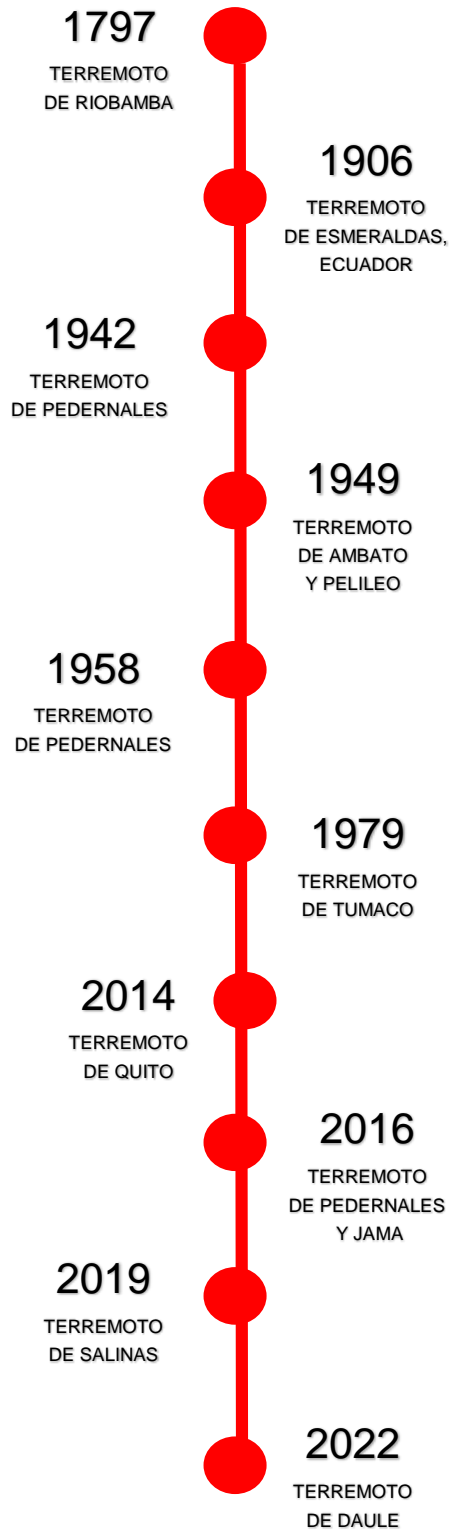


Fuente: Instituto Geofísico, (2023)

2.2.8 Línea de Tiempo de Eventos Sísmicos Históricos relevantes

A lo largo de la historia ecuatoriana, ha sido sacudida por sismos de menor y mayor magnitud provocados porque la tierra está en actividad permanente sometida a procesos tectónicos, a continuación, en la línea de tiempo se destacan algunos de los más importantes que sin duda alguna las consecuencias han sido desgarradoras:

Figura 9 Línea de tiempo de los terremotos evidenciados en Ecuador



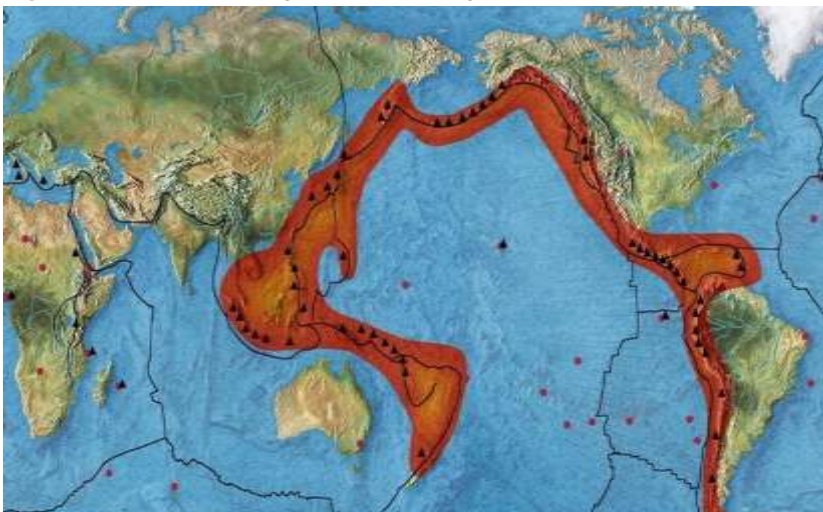
Elaborado por: Lambert y Mendez (2023)

2.2.9 Cinturón del Fuego del Pacífico

Según Pozo G, (2021) mencionó que Ecuador, se encuentra ubicado en el cinturón de Fuego del Pacífico, que lo convierte en una región altamente propensa a sismos. Por esta razón, resulta esencial llevar a cabo un análisis exhaustivo del suelo, especialmente en estructuras de uso especial que albergan a una gran cantidad de personas, con el objetivo de comprender el comportamiento del suelo en presencia o ausencia de una estructura. Se propuso realizar un análisis del periodo del suelo utilizando la técnica de Nakamura, así como un análisis de la respuesta sísmica del sitio mediante métodos lineales equivalentes y no lineales en un software avanzado. Esto permitió, obtener información sobre las áreas del estudio que presentan amplificación de ondas superficiales y periodos prolongados debido a la atenuación de las ondas sísmicas.

Albán C y Robles J, (2023) mencionaron que, Ecuador se ubica en el cinturón de fuego, debido a esta ubicación implica un mayor riesgo de desastres naturales. Por eso, aplicó en su estudio una metodología que incluye la creación de la matriz-resumen comparativa de puntos claves arquitectónicos para ser implementados en el diseño de propuestas. El objetivo principal fue encontrar soluciones arquitectónicas que mejoren la habitabilidad de los refugios temporales improvisados, al tiempo que se abordan aspectos de flexibilidad y movilidad de las unidades de vivienda en situaciones de emergencia, estas soluciones podrían implicar la incorporación de elementos y diseños que brinden mayor confort y satisfagan las necesidades humanas en estos espacios.

Figura 10 Cinturón de fuego o anillo de fuego



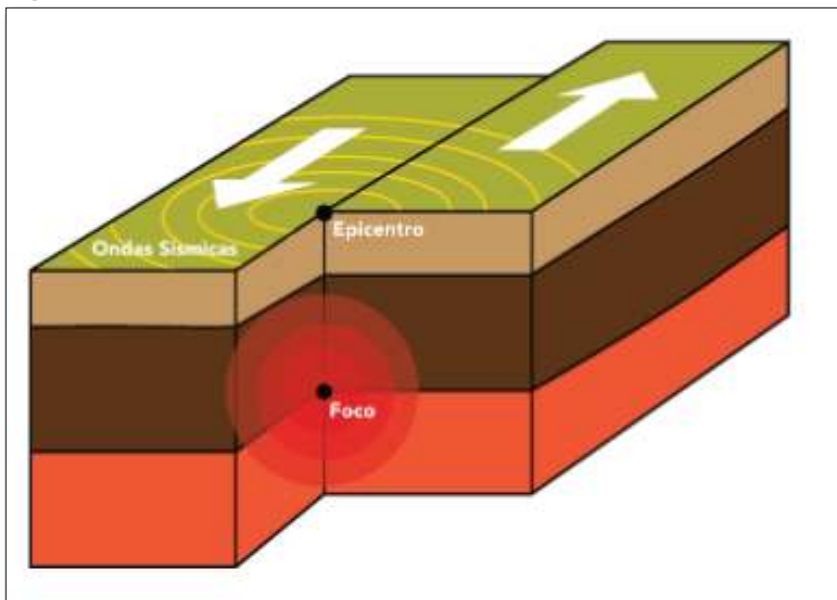
Fuente: Geoplaneta, (s.f.)

2.2.10 Dinámica de Placas Tectónicas

La superficie de la tierra se encuentra fragmentada en pedazos que se desplazan continuamente en diversas direcciones y a variadas velocidades. Estos fragmentos, conocidos como; Placas Tectónicas, se desplazan sobre el manto de la tierra, que consiste en rocas parcialmente fundidas. Como resultado, las placas presentan tres tipos de límites entre sí. Ingemmet (2021):

1. Transformante o de fricción. - Las placas se mueven de manera horizontal, es decir; una placa con respecto a la otra se desliza lateralmente.

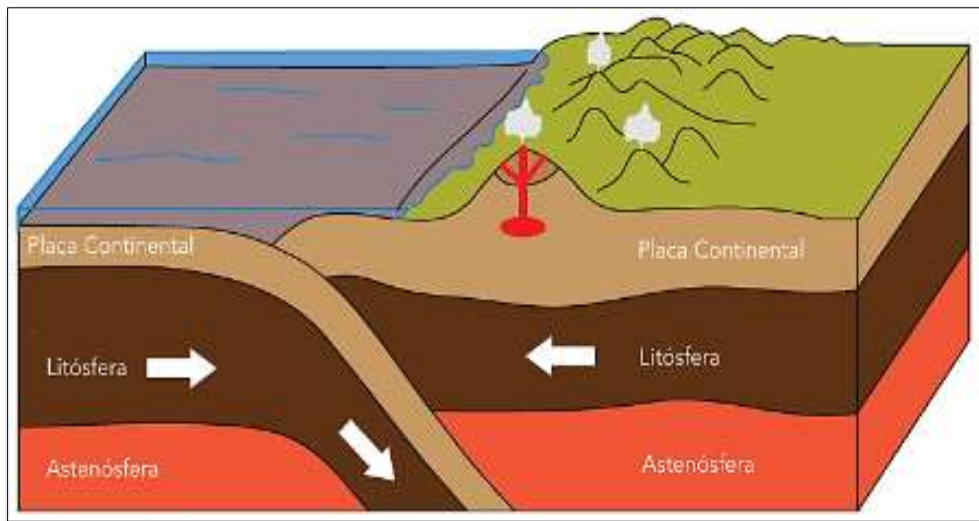
Figura 11 Efecto transformante o fricción



Fuente: Ingemmet, (2021)

2. En el divergente o constructivo es cuando se alejan las placas y dejan escapar el magma originando nueva corteza.

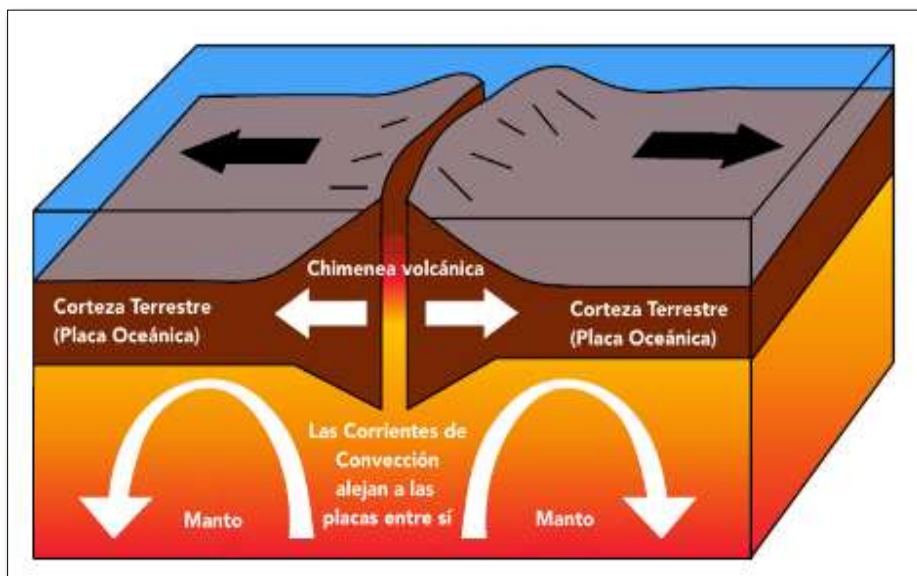
Figura 12 Efecto divergente o constructivo



Fuente: Igt, (2021)

3. En el convergente o destructivo. - Ocurre cuando dos o más placas se encuentran y colisionan, como sucede en la interacción entre la placa Indica y Euroasiática. También se produce por subducción; como ocurre entre la placa de Nazca y la Sudamericana. (p. 4)

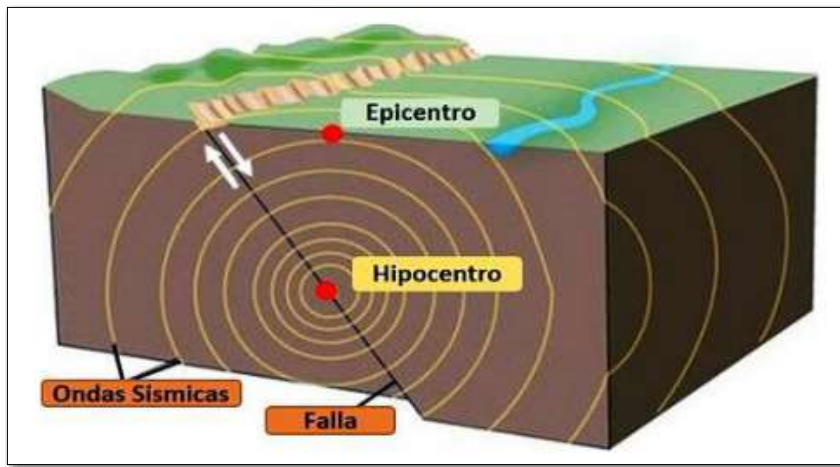
Figura 13 Efecto convergente o destructivo



Fuente: Igt, (2021)

2.2.11 Ondas Sísmicas

Figura 14 Efecto de las ondas sísmicas



Fuente: Igt, (2021)

Antepara C y Velásquez G, (2019) demostraron que, mediante planos estructurales con los cuales se construye una edificación, es necesario una inspección visual para verificar los elementos estructurales in situ. El comportamiento de los elementos estructurales debe estar acorde al estipulado en la norma NEC-SE-DS 2015 y el código ACI 318-14, teniendo por objeto la determinación de la vulnerabilidad sísmica y la viabilidad del uso del diseño antiguo vigente.

Parreño I y Solís A, (2019) determinaron que, las ondas sísmicas se dan porque la tierra y otro sistema planetario son considerados un objeto elástico siendo un medio adecuado para la propagación de ondas, es decir; un terremoto en diferente punto de la tierra produce ondas energéticas conocidas como las llamadas ondas sísmicas que se producen por liberación repentina o energía y transmisión de energía.

2.2.12 Vulnerabilidad Sísmica

Vargas J, (2021) determinó que, la vulnerabilidad sísmica no es un valor constante que clasifica a las estructuras con respecto a la calidad estructural de todos sus elementos, en una categoría de menor o mayor medida al grado de vulnerabilidad que sostenga, causando una altitud in situ. Depende de varios factores como; el diseño y la calidad de construcción de la estructura, la ubicación geográfica, el tipo de suelo, la edad de la estructura y la calidad del mantenimiento.

Casas A y Stewart A, (2020) empleó, dos métodos utilizados para diagnosticar el riesgo y comportamiento sísmico en las viviendas construidas de manera informal en el asentamiento San José, las metodologías empleadas fueron cualitativa y una metodología cuantitativa. La primera metodología de enfoque cualitativo se desarrolló en el campo mediante encuestas que proporciona una comprensión general de la situación sísmica de las viviendas y la segunda metodología de enfoque cuantitativo, utiliza el software Etabs 2016 para analizar el comportamiento sísmico de las viviendas. Se calcula la fuerza cortante basal, los desplazamientos del centro y los desplazamientos relativos de entrepiso.

2.2.13 Magnitud y Momento Sísmico

Alvarez J y Pulgar X, (2019) evaluaron el “Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de vulnerabilidad (Fema P-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales” manifestó que la cantidad de energía liberada durante el evento telúrico se utiliza para medir el tamaño de sismo mediante la escala de Richter, el mismo que consta de 9 grados; cada uno supone una liberación de energía 32 veces superior utilizando el momento sísmico para determinar con mayor exactitud la magnitud sísmica.

2.2.13.1 Magnitud de Richter

Anchivilca R, (2021) definió que la magnitud de Richter fue por los diferentes sismos que se presentaron en California en el estado Sur, esta magnitud es reconocida como Magnitud Local ML, por el sismólogo estadounidense Charles F. Richter en 1935 y es expresada como:

$$M_L = \log A(\Delta) - \log A_0(\Delta_0)$$

Dónde: $A(\Delta)$ = Amplitud máxima registrada

$A_0(\Delta_0)$ = Amplitud máxima de desplazamiento registrada por un sismo patrón

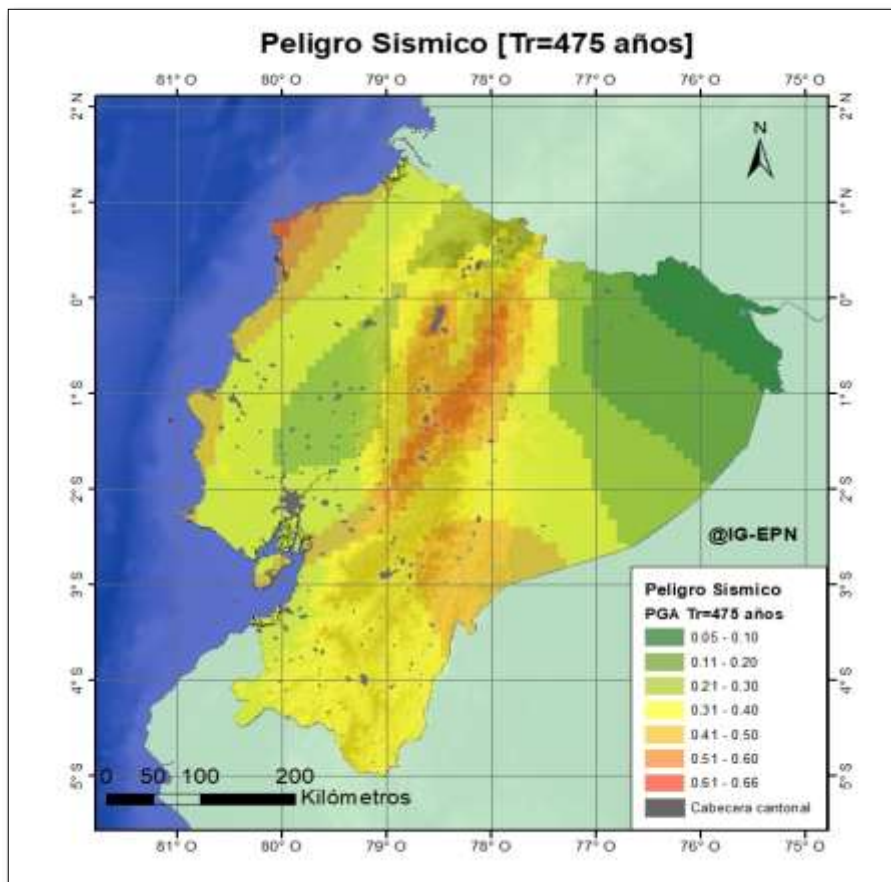
L_g = Ondas love de periodo corto (8-12s)

2.2.14 Peligro Sísmico

En esta investigación se estableció que el peligro sísmico se refiere a la probabilidad de que ocurra un evento sísmico, en un periodo de tiempo específico en una región determinada y sus características son cuantificadas mediante parámetros como; la aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud e intensidad. Los métodos de cálculo utilizados se clasifican en dos grupos: Rodríguez, (2019):

Métodos probabilísticos que, consideran las leyes de recurrencia y los efectos de todos los sismos que afectan a un lugar de emplazamiento específico, dando como resultado estimaciones de la probabilidad de excedencia para cada valor de la intensidad del movimiento esperado en el emplazamiento, durante un periodo de tiempo dado y el método determinista; tiene por objetivo obtener la acción sísmica en el emplazamiento, sin proporcionar información sobre su periodo de retorno. (p. 16-17)

Figura 15 Mapa de peligro sísmico



Fuente: IGEPN, (2023)

2.2.15 Fallas Sísmicas

Figura 16 Fallas geológicas de San Andrés



Fuente: Valencia, (s.f)

Huamán F, (2019) señaló que, las fallas geológicas corticales activas tienen la capacidad de generar sismos con magnitudes comprendidas entre 6 y 7.1., aunque la sismicidad de esta fuente es moderada en comparación con los sismos de subducción, la cercanía de las fallas a las áreas pobladas aumenta el nivel de peligro geológico. Un sismo fuerte pero lejano, con una distancia epicentral de 50 km, puede generar un peligro geológico considerable en forma de fenómenos cosísmicos, como la licuefacción de suelos incluso un sismo moderado pero cercano, con una distancia epicentral menor de 20 km, también puede representar un riesgo significativo.

2.2.16 Efectos de Grietas y Fisuras en la Iglesia Stella Maris

Figura 17 Fisuras presente en Paredes



Tomado por: Lambert y Mendez (2023)

2.2.17 Sismógrafos

Sanchez I y Pacheco R, (2019) determinaron, que el sismógrafo es un instrumento utilizado para medir y registrar terremotos o movimientos sísmicos. Fue inventado por el Físico escocés James David Forbes en 1842, en sus primeras

versiones, el sismógrafo consistía en un péndulo con una masa suspendida que permanecía inmóvil debido a su inercia mientras el suelo se movía durante un terremoto. En la parte inferior del péndulo, se colocaba un punzón que registraba el movimiento en un rodillo de papel pautado en tiempo. Cuando se producía una vibración sísmica, el péndulo se desplazaba lateralmente mientras la masa permanecía quieta debido a su inercia. De esta manera, el punzón trazaba una línea en el papel que iba registrando el movimiento a lo largo del tiempo.

Figura 18 Equipos sismográficos



Fuente: Valencia, (s.f)

2.2.18 Acelerógrafos

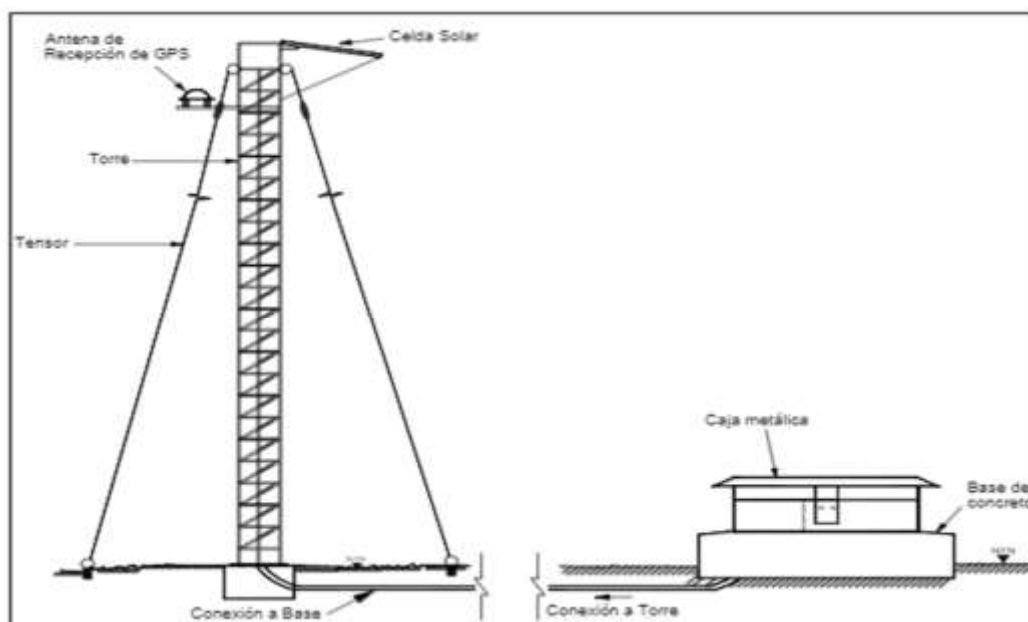
Zarate A et al., (2023) señalaron, que en Ecuador el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) es el principal centro de investigación en temas relacionados con la geofísica y la vigilancia de peligros sísmicos y monitorear los procesos geofísicos que ocurren en el país, especialmente aquellos relacionados con la actividad sísmica y volcánica. El IG-EPN cuenta con una red de estaciones

sísmicas y volcánicas distribuidas en todo el territorio ecuatoriano, que registran y monitorean constantemente la actividad de los volcanes y los movimientos sísmicos.

IGEPN, (2023) determinó que, los acelerógrafos son conocidos como acelerómetros, son dispositivos que se utilizan para medir la aceleración del suelo durante un evento sísmico. Estos instrumentos constan de tres sensores ortogonales que registran el movimiento del suelo en las direcciones verticales, norte-sur y este-oeste. Estos sensores capturan la aceleración experimentada por el suelo y generan una señal eléctrica proporcional a dicha aceleración. El resultado de la medición se muestra en un gráfico llamado acelerograma que muestra la variación de la aceleración en función del tiempo durante un evento sísmico en un lugar específico. Estos gráficos son de gran importancia para comprender la respuesta del suelo y las estructuras ante un terremoto.

Roman W, (2022) definió que, el acelerógrafo en su forma más básica, es un dispositivo que registra y mide las vibraciones o aceleraciones producidas por un terremoto. Está diseñado para capturar el movimiento del suelo en tres dimensiones: horizontal (norte-sur), horizontal (este-oeste) y vertical. Para lograr esto, generalmente se utilizan tres cabezales de sensor de acelerómetro en el interior el acelerógrafo.

Figura 19 Forma de instalación del acelerómetro



Fuente: Valencia, (s.f)

Figura 20 Equipo acelerómetro en función

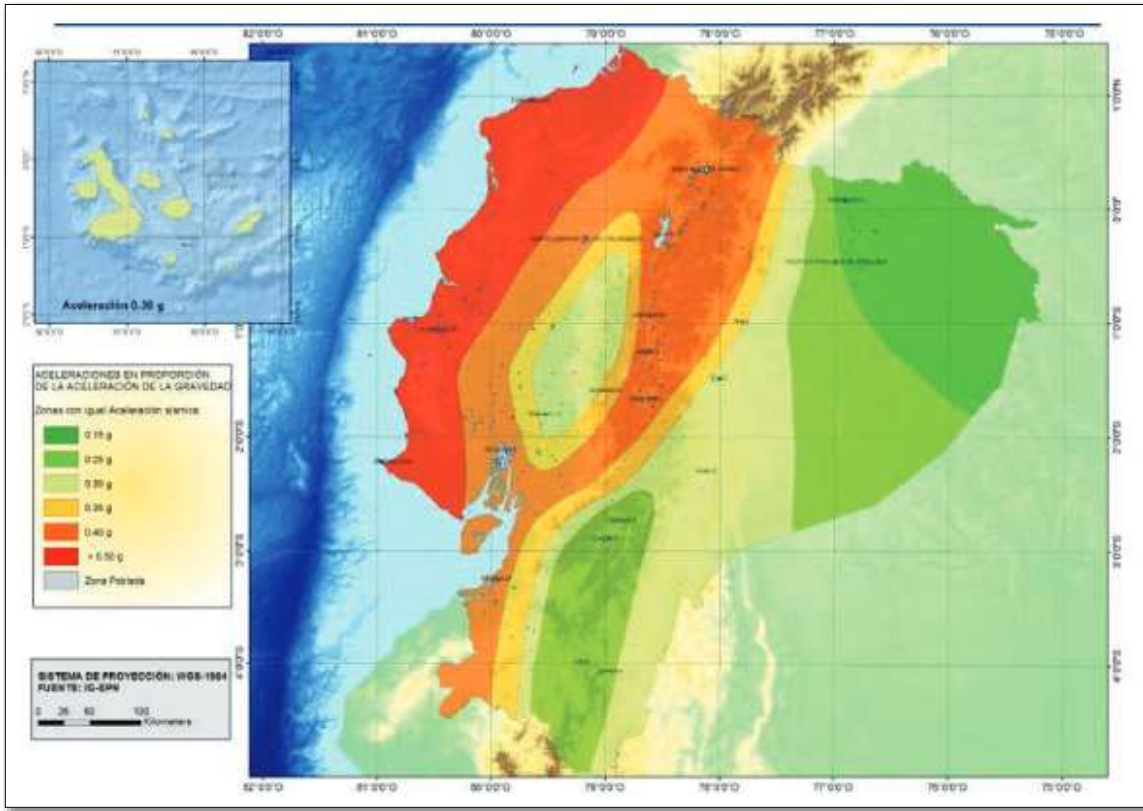


Fuente: Valencia, (s.f)

2.2.19 Zonas Sísmicas según la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC)

La norma ecuatoriana de construcción NEC-SE-DS 2015, estableció la división de Ecuador en seis zonas sísmicas, cada una de las cuales se caracteriza por un valor de Z. En consecuencia, el país se considera de alto nivel de amenaza sísmica, a excepción de la región nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y el litoral costero que presenta una amenaza sísmica muy alta. Según el estudio, el valor de la zona Z representa la aceleración máxima en la roca para edificaciones normales, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Figura 21 Zonificación sísmica



Fuente: Normas Ecuatoriana de la Construcción [NEC], (2015)

El mapa de la zonificación sísmica se origina con el estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años, es decir; cuyo periodo de retorno es de 475 años dando como resultado valores correspondientes al factor Z con su respectiva caracterización o intensidad de la zona. A continuación, también se muestra la tabla de saturación de 0.50 g de la zona VI que corresponde a los valores de aceleración sísmica y está ubicado dentro de la zona V en este caso la ciudad de Guayaquil con peligro sísmico alto y con un valor de $z = 0,40$ (NEC, 2015)

Tabla 2 Factor de zona "Z", NEC-SE

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC, (2015)

2.2.20 Espectros

Según Apolo C, (2020) mencionó que, los acelerogramas son equipos tecnológicos conocidos como acelerógrafos con señales sísmicas que se organizan de forma cronológica con respecto a la aceleración que recibe el terreno mientras se presenta el evento sísmico tectónico.

El espectro horizontal de diseño de aceleraciones elásticas representa las respuestas de una estructura ante las vibraciones del suelo. Se expresa como una fracción de la gravedad y se calcula considerando el valor o factor Z, así como la clasificación del suelo en el que se encuentra la estructura. La clasificación del suelo se define en la sección 3.3.1 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE) y se obtiene mediante las ecuaciones que se presentan a continuación:

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

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

Dónde:

η = La razón entre la aceleración espectral S_a ($=0.1s$) y el denominado PGA para cada periodo de retorno elegido.

$\eta = 1.80$ para todas las provincias Costeras, excepto Esmeraldas

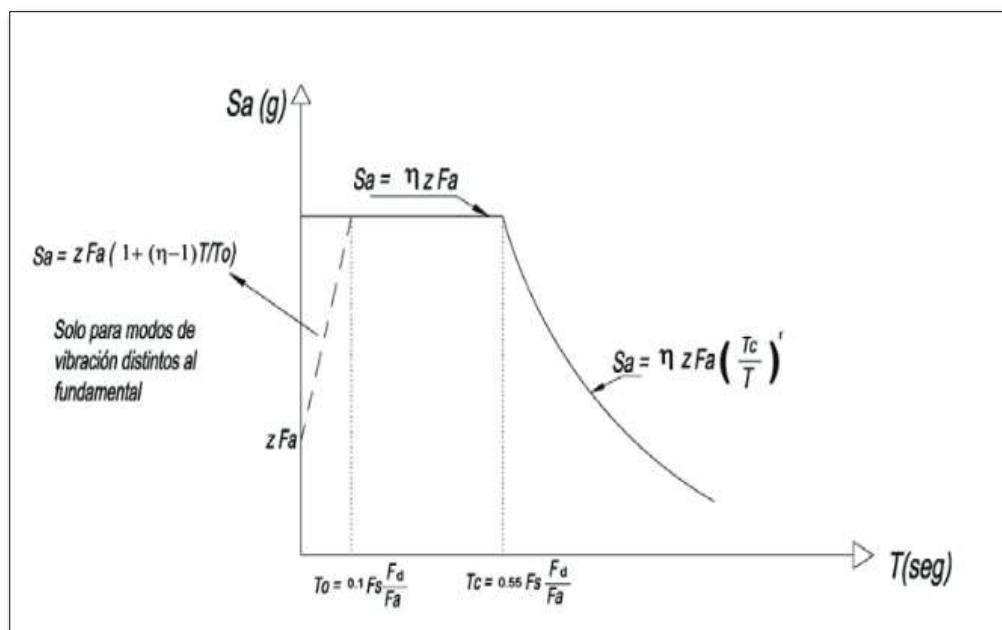
r = Coeficiente utilizado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores depende de la localización geográfica del proyecto: 1.0 para suelos A, B, C o D, y 1.5 para suelos E.

Z = La aceleración máxima estimada en roca esperada para el terremoto de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad (g);

El T_c se lo determina utilizando la siguiente expresión:

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Figura 22 Espectro sísmico elástico de aceleraciones



Fuente: NEC, (2015)

2.2.21 Edificaciones Patrimoniales

Ministerio de Cultura y Patrimonio, (2019) aportó como organización reguladora encargada de investigar y ejercer el control somero técnico con la política emitida para la preservación, conservación, y uso óptimo del patrimonio cultural, el Instituto es catalogado como el centro de investigación especializado, con la más alta calidad técnica y científica que le da por derecho el estudio, análisis y aplicación de métodos a documentar, proteger, aportar y potenciar los bienes patrimoniales existentes.

Por otro lado, la Normativa técnica de bienes inmuebles patrimoniales, (2019) en el caso de los bienes inmuebles, la normativa señaló que: Los parámetros técnicos regulados tienen por objeto la valoración para conceder niveles de protección, los mismos que están en función de la antigüedad, es decir; técnicas constructivas, tipología funcional, el entorno urbano natural, la historia, el estilo y la autenticidad e integridad. Los mismos, que otorgan plan de mantenimiento, rehabilitación y reforzamiento estructurales de las edificaciones fundamentado en normas, leyes, especificaciones técnicas y arquitectónicas que son verificados y aprobados por el organismo gubernamental responsable del patrimonio nacional.

Zamora G et al., (2023) mencionaron que, la pérdida del patrimonio arquitectónico debido a eventos naturales, como; los terremotos han llevado al desarrollo de la teoría de la vulnerabilidad sísmica, esta teoría reconoce la necesidad de proteger y prevenir daños en edificios vulnerables ubicadas en zonas de riesgo sísmico. Los edificios que carecían de un diseño estructural adecuado desde su construcción inicial o que no hayan sido reforzados durante intervenciones posteriores, son especialmente propensos a sufrir daños significativos durante un terremoto.

2.2.22 Caracterización Arquitectónica

2.2.22.1 Elementos Estructurales

Sierra, (2022) presentó un modelo de aceptación de los elementos estructurales prefabricados. Para esto, el autor revisó varias investigaciones que se encuentran relacionadas a todos los elementos estructurales prefabricados y también sobre la adopción de innovaciones tecnológicas TOE y DOI; teoría de difusión de innovaciones a nivel global. Realizó el diseño de un instrumento de medición profesional.

2.2.22.2 Elementos Estructurales de una Iglesia Colonial

(Hurtado y León, 2008, como se citó en Diaz, 2019) señaló que las iglesias coloniales que se extendieron por todo el territorio ecuatoriano en el proceso de colonización se considera una arquitectura de características de aquellas épocas, puesto que los elementos estructurales de las iglesias se les denomina; columnas, muros, vigas, arcos, bóvedas, cúpulas, contrafuertes, techos y cimentaciones, estas estructuras son un claro ejemplo de la inspiración española la cual adaptó al medio, influenciadas por el arte barroco.

2.2.22.3 Columnas

Campos M, (2019) determinó que, con el método de encamisado de columnas es positivamente viable para un reforzamiento estructural, también que con esta técnica la influencia al comportamiento respecto al esfuerzo de compresión mejora la edificación y así, se realiza una ampliación óptima y segura, que son componentes estructurales que transmiten cargas desde el techo hasta los cimientos y que

principalmente resisten cargas axiales, pero también pueden experimentar desviaciones debido al deterioro de los materiales o cambios inesperados en la distribución de las cargas a lo largo del tiempo, lo cual puede acentuarse.

Figura 23 Fisura en Columna Estructural



Tomado por: Lambert y Mendez (2023)

2.2.22.4 VIGAS

Arroyo J, (2021) mencionó que, el método científico aplicado a la investigación con un diseño experimental y con nivel explicativo de los efectos y evaluación de tubos embebidos en vigas de concreto, realizando muestras cilíndricas y prismáticas para poder demostrar cuya resistencia disminuye al estar sometido a la resistencia de flexión.

Figura 24 Vigas de hormigón armado



Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

2.2.22.5 Armado de Acero o Cerchas

Lizano O, (2021) estableció que, las cerchas son estructuras conformadas por elementos sofisticados capaces de sostener cargas, siguiendo un diseño triangular que están unidos mediante placas o pernos o soldaduras dependiendo de su uso, estas estructuras de tipo cerchas o armaduras que están conectadas de un sistema de arriostres, vigas, diafragmas o portales.

Figura 25 Armado en cercha



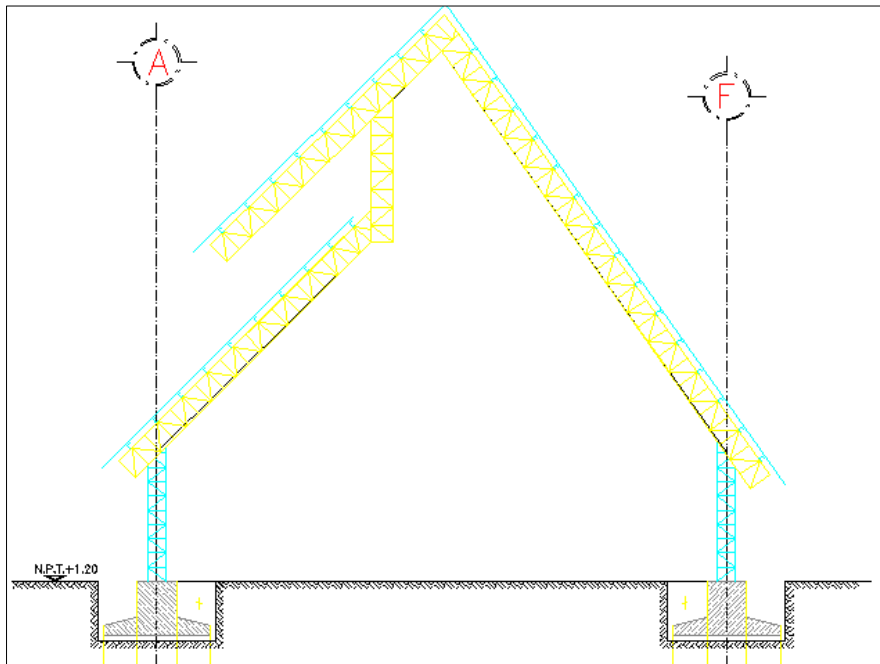
Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 26 Columnas internas en estructuras metálicas



Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 27 Torre de cerchas

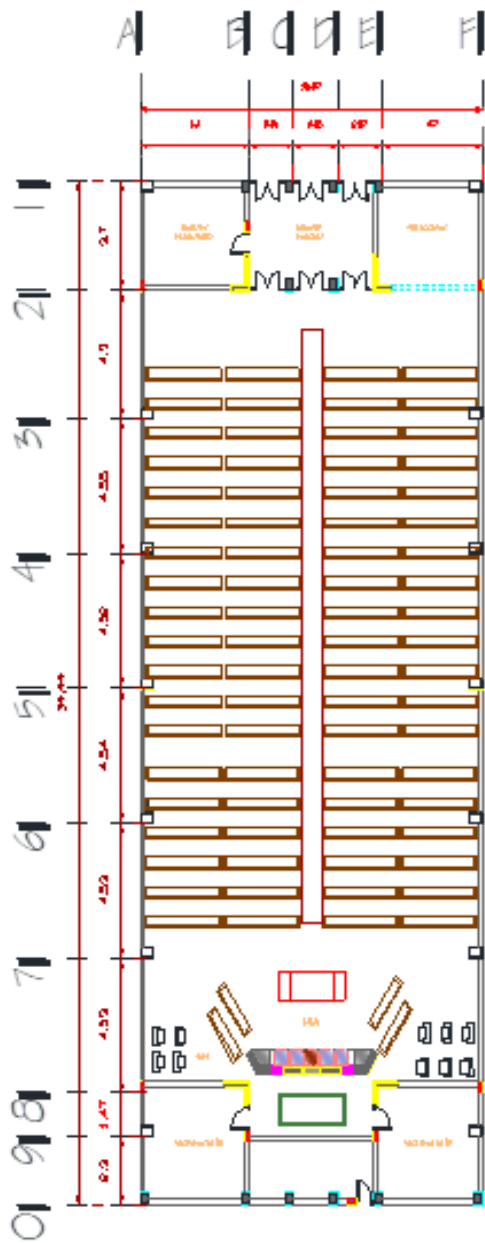


Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Suquillo B et al., (2022) presentaron el uso de un software gratuito y sencillo que permite el diseño de anclajes para columnas y vigas metálicas Anchor Design, según las directrices establecidas en normas vigentes para estructuras metálicas. Los resultados obtenidos fueron validados y comparados tanto manualmente como con otras investigaciones, mostrando diferencias mínimas el cual, mgarantizó la confiabilidad y precisión del software en el proceso de diseño de anclajes.

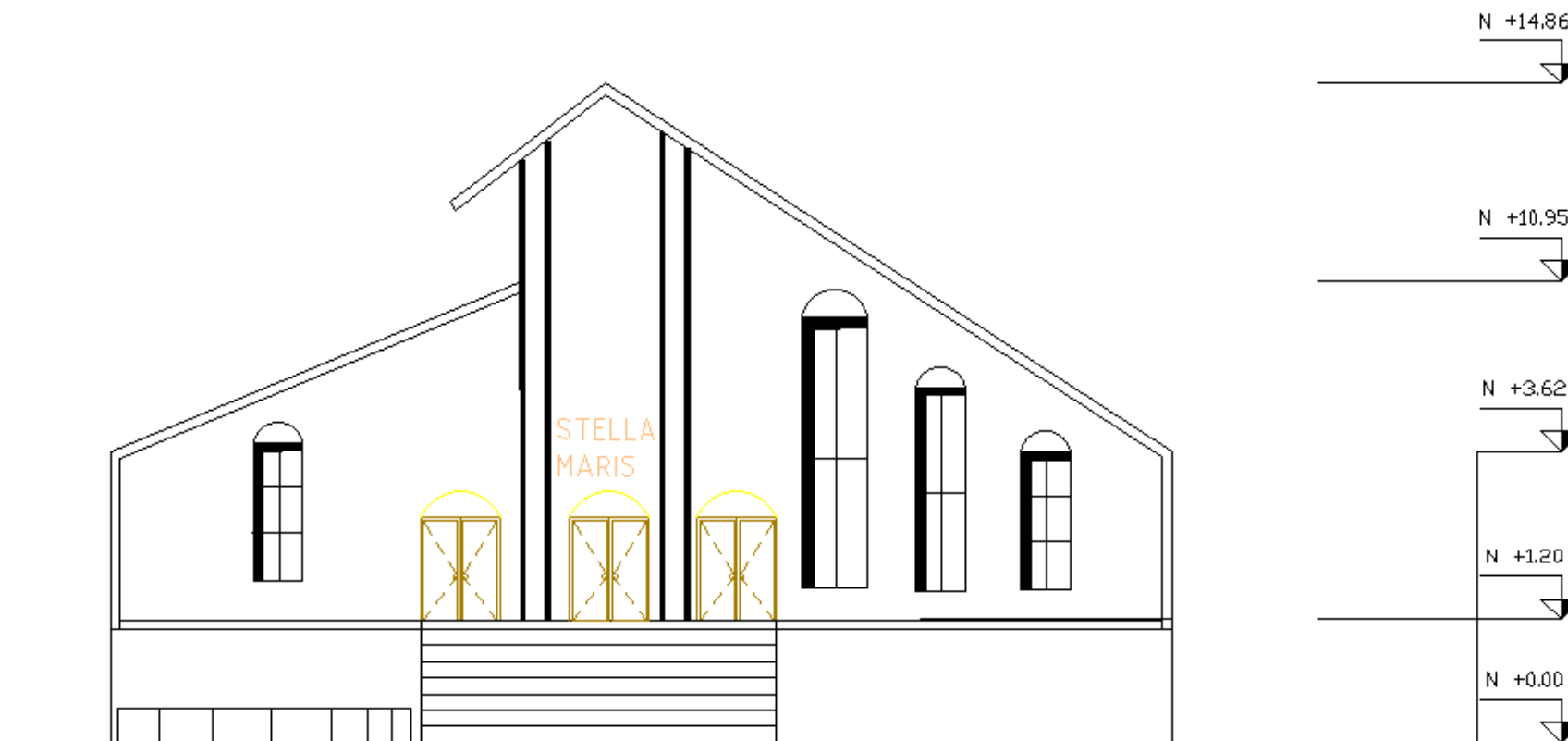
2.2.22.6 Plano General de la Edificación en el Programa AutoCAD

Figura 28 Vista en planta de la iglesia Stella Maris



Elaborado por: Lambert y Mendez (2023)

Figura 29 Vista frontal de la iglesia Stella Maris



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

2.2.23 Reforzamiento Estructural

2.2.24 Reforzamiento con Fibra de Carbono (CFRP)

(Moncayo, 2016, como se citó en Perez y Auquilla, 2022) mencionó que la fibra de carbono es un material que se compone de hilos o filamentos de carbono con diámetros muy pequeños, generalmente entre 5 a 10 micras. Estos filamentos se fabrican mediante un proceso llamado pirolisis de poliacrilonitrilo (PAN) a partir de fibras de rayón o de petróleo. Son extremadamente delgadas y ligeras pero, también muy fuertes y rígidas. Su resistencia a la tracción es excepcionalmente alta, y también poseen una alta resistencia a la fatiga y una excelente relación resistencia-peso.

Huaitalla J, (2023) demostró mediante la evaluación de la edificación por medio de normativas vigentes y con el amparo del software ETABS 2020, proporcionó información importante sobre la resistencia estructural y la necesidad de reforzar ciertos elementos como; las columnas para garantizar la durabilidad a lo largo del tiempo. El proceso de evaluación implica ingresar la geometría del edificio en el software ETABS, aplicar las cargas de diseño adecuadas (como cargas gravitatorias, cargas sísmicas, cargas de viento, etc.) y realizar el análisis de la estructura. El software calculará las fuerzas y momentos en cada elemento estructural, incluyendo las columnas y comparará estos valores con los límites de resistencia establecidos en las normativas.

Según Morán J, (2019) mencionó que en el sector de la construcción su uso no es mayorizado debido a su elevado coste, sin embargo, con el transcurrir de los días se desarrollan nuevos usos y aplicaciones que hace considerar afianzando su implementación en el ámbito constructivo como el refuerzo a las estructuras existentes por medio de la adhesión exterior de láminas resistentes y flexibles, permitiendo realizar el confinamiento de nudos y vigas para incrementar la más favorable resistencia.

Figura 30 Refuerzo en nudo con fibra de carbono



Fuente: Morán, (2019)

De acuerdo, con Tapia J, (2019) en su proyecto “Evaluación de las propiedades de amortiguamiento de materiales fabricados por impresión 3D y reforzados con nanotubos y fibras de carbono” mencionó que es un material que en sus inicios fue desarrollado para uso en la industria aeroespacial por su baja densidad y alta resistencia, en el transcurrir del tiempo la tecnología ha ido avanzando que ha causado que el costo de adquisición de este material disminuya y se utilice en diferentes aplicaciones.

Rosell A, (2021) demostró que, la fibra de carbono tiene capacidad mecánicas y ligereza, lo que la hace ideal para reforzar elementos estructurales. Una lámina delgada de fibra de carbono, con un espesor de 1,2 mm, puede reducir la deformación de un elemento estructural en un 25% en comparación con una viga convencional. Esto significa que se puede lograr una capacidad mecánica similar a una viga más gruesa, con un canto de 4 cm, pero con un peso un 8% menor.

2.2.24.1 Información Técnica del Producto basado en el Método de

Ejecución de Sika. Sika, (2019) estableció que el tipo de fibra de carbono SikaWrap®-600 C, es una tela tejida de tonalidad negro oscuro con orientación de 0°, de forma unidireccional para aplicaciones en procesos de reforzamiento estructural. Este método se lo utiliza para proteger y repotenciar las estructuras de columnas y vigas. El empaque corresponde a 1 rollo de 25.00 m² es decir; 50cm x 50.00m largo del rollo \geq 50 m y de ancho 300 mm (500mm), el almacenamiento correcto en el empaque original debe permanecer sellado en condiciones secas a temperaturas que correspondan entre lo rango de +5°C y +35°C, con el fin de proteger de la luz solar directa y a su vez, la vida en el recipiente es de 24 meses a partir de la fecha de producción, con el objetivo de proteger a posibles ataques mecánicos o contaminantes.

La aplicación principal del sistema SikaWrap®, es mejorar la capacidad estructural de elementos y estructuras existentes. A continuación, se detallan las principales del sistema:

- Aumento de la capacidad de carga de los elementos estructurales: El sistema sikaWrap® se utiliza para reforzar y aumentar la capacidad de carga de elementos como vigas, losas, columnas y muros de concreto.
- Aumento de la capacidad frente a esfuerzos cortantes: El sistema proporciona refuerzo adicional a los elementos estructurales para mejorar su resistencia y capacidad frente a esfuerzos cortantes.
- Aumento de la capacidad frente a esfuerzos de flexión: SikaWrap® se utiliza para fortalecer los elementos estructurales y mejorar su capacidad para resistir esfuerzos de flexión.
- Incremento de la capacidad estructural de pilares (confinamiento o ductilidad): El sistema se utiliza para mejorar la capacidad estructural de los pilares, proporcionando confinamiento adicional y ductilidad, lo que ayuda a prevenir el colapso prematuro en caso de cargas sísmicas.
- Cumplimiento de normas actuales: SikaWrap® ayuda a cumplir con las normas de diseño y construcción actuales al reforzar las estructuras existentes y mejorar su capacidad de carga.

- Mejora de la funcionalidad: El sistema puede mejorar la funcionalidad de las estructuras existente al proporcionar refuerzo adicional y aumentar su resistencia y durabilidad.
- Prevención de daños por acción sísmica: El sistema se utiliza para proteger las estructuras existentes contra los daños causados por terremotos, al proporcionar refuerzo adicional y mejorar la capacidad estructural.
- Protección contra impactos y defectos de construcción en el diseño estructural: SikaWrap se utiliza para proteger las estructuras existentes contra impactos y para corregir defectos de construcción en el diseño estructural, proporcionando refuerzo adicional donde sea necesario.
- Aumento de la capacidad por pérdida de sección de las armaduras en elementos de hormigón armado, proporcionando refuerzo adicional y restaurando la capacidad estructural.

2.2.24.2 Usos. Este material de refuerzo se recomienda su uso en la flexión, el cortante y el confinamiento de elementos estructurales como vigas y columnas, y debe ser aplicado por profesionales expertos debido a las siguientes razones:

- Aumento de cargas: Cuando una estructura debe soportar cargas adicionales debido a cambios en su uso o funciones, se puede aplicar refuerzos de fibra de carbono para aumentar su capacidad de carga.
- Incremento de carga viva: Si una estructura experimenta cargas variables o dinámicas, como en puentes o plataformas, el refuerzo de fibra de carbono puede ayudar a mejorar su resistencia y durabilidad.
- Instalación de maquinaria pesada en edificios industriales: La fibra de carbono puede utilizarse para fortalecer vigas y columnas en edificaciones industriales cuando se instala maquinaria pesada que genera cargas adicionales.
- Estructuras con vibración: En caso donde las vibraciones son un problema, como puentes o estructuras expuestas al viento, el refuerzo de fibra de carbono puede reducir la amplitud de las vibraciones y mejorar la respuesta estructural.

- Refuerzo sísmico: La fibra de carbono se utiliza en técnicas de refuerzo sísmico para mejorar la capacidad de las estructuras para resistir y absorber la energía generada por los terremotos.
- Envoltura de columnas; confinamientos: La fibra de carbono se puede envolver alrededor de la columna para proporcionar un refuerzo adicional y confinamiento, lo que mejora su resistencia a la flexión y a la compresión.
- Defecto de diseño o construcción: En casos en los que una estructura presenta defectos de diseño o construcción, el refuerzo de fibra de carbono puede proporcionar una solución eficiente y económica para fortalecer y corregir dichos problemas.
- Refuerzo insuficiente: Si una estructura existente tiene un refuerzo insuficiente o si se descubre que no cumple con los requisitos de carga actuales, la aplicación de fibra de carbono puede mejorar su resistencia y capacidad de carga.

2.2.24.3 Las características y ventajas de este material son las siguientes: Puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja, este material tiene la capacidad de adaptarse a superficies irregulares y complejas, lo que lo hace ideal para envolver elementos de diferentes formas y tamaños sin dificultad.

- Alta resistencia: Es un material resistente y duradero, capaz de soportar condiciones adversas y resistir impactos, lo que convierte en una opción confiable para proteger los elementos que envuelve.
- Bajo peso: A pesar de su alta resistencia, este material es ligero en comparación con otros materiales de protección, esto facilita su manipulación y reduce la carga adicional en los objetos envueltos.
- No se corroe: A diferencia de algunos materiales metálicos, este material no se corroe no se oxida, lo que garantiza su larga vida útil y mantiene su apariencia estética a lo largo del tiempo.

- Resistente a sustancias ácidas y álcalis: Este material es capaz de resistir la acción de sustancias ácidas y álcalis, lo que lo hace adecuado para su uso en entornos químicos y corrosivos.
- Bajo impacto estético: El material tiene un impacto estético mínimo en los elementos que envuelve, lo que significa que no afecta negativamente la apariencia de los objetos protegidos. Puede adaptarse discretamente a la forma y color de los elementos.
- Económico: En comparación con otros métodos de protección, este material es una opción más económica, lo que lo hace atractivo desde el punto de vista del costo-beneficio.
- La aplicación es por el sistema en húmedo o en seco: Este material puede aplicarse utilizando diferentes métodos, ya sea mediante un sistema en húmedo (como pintura o recubrimiento líquido) o en seco (como películas adhesivas). Esto proporciona flexibilidad en el proceso de aplicación según las necesidades específicas.

Tabla 3 Información técnica de la fibra de carbono SikaWrap-600 C

INFORMACIÓN TÉCNICA	
Densidad del material de fibra en estado	1.81 g/cc
Espesor de la fibra en estado seco	0.337 mm(0.0133 pulgadas)
Densidad de área	610 g
Capacidad de la fibra seca para resistir la tensión	620,000 psi (4,300 n/mm ²) (ISO 10618)
Módulo de elasticidad en tensión de la fibra seca	34,9x10 ⁶ psi (240,000 N/mm ²) (ISO10618)
Elongación a la rotura de la fibra seca	1.55%
Espesor nominal del laminado	1.0mm(lamina curada)
Módulo de Elasticidad a Tracción del Laminado	10.6x10 ⁶ psi (73,000N/mm ²)
Resistencia a la tensión	139,000 psi (960 N/mm ²) Lamina curada

Fuente: Sika, (2019)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

2.2.24.4 Instrucciones de aplicación. Para garantizar una buena adherencia del concreto, es importante seguir ciertos pasos para preparar la superficie correctamente:

La superficie debe estar completamente limpia de cualquier tipo de contaminante como; polvo, grasa, lechada, compuestos curadores, impregnaciones u otros elementos que puedan dificultar la adherencia. Se recomienda utilizar métodos de limpieza mecánicos, como cepillos de alambre, escobas duras o chorro de agua a alta presión.

Para la etapa de inspección: Es importante inspeccionar la superficie en busca de cualquier daño, como grietas, desprendimientos o áreas sueltas, estos problemas deben ser reparados antes de la colocación del concreto. En la nivelación, si la superficie es irregular se recomienda nivelarla utilizando mortero de reparación adecuado que garantizará una superficie uniforme y estable para la adherencia del concreto, es importante verificar la resistencia de la superficie reparada, de acuerdo con las recomendaciones de ACI 503 (American Concrete Institute).

La superficie deber tener una distancia mínima con el agua de aproximadamente el 4%, significa que la superficie no debe estar saturada de agua antes de colocar el concreto, ya que esto puede afectar la adherencia mínima de 15 kg/cm² antes de la colocación para asegurar que la adherencia entre el concreto y la superficie sea adecuada y evite fallas en la unión.

En la preparación del sustrato se recomendó que, desde la superficie se utilizará chorro de arena con el fin que proporcione textura rugosa a la superficie y antes de colocar el tejido la superficie deberá estar sellada e imprimada utilizando el epóxico Sikadur®-301, este producto es aplicado con rodillo o brocha, colocado por personal autorizado y calificado. Por otro lado, el SikaWrap®-600 debió ser impregnado o saturado de forma manual o mecánica, el tejido puede ser cortado con tijeras de tipo industrial con la longitud apropiada. Evitar, el uso de elementos sin filos que puedan debilitar o dañar la integridad de la fibra de carbono, causando deshilachamientos o deterioro.

2.2.24.5 Métodos de aplicación. Existen dos métodos de aplicación de la fibra que consistió en lo siguiente:

1) Este método de aplicación en seco, implica la aplicación de la mezcla de resina epóxica Sikadur®-301 en seco sobre el sustrato en proporción de 1.2-1.5 kg/m², dependiendo de la rugosidad de la superficie. Luego, se coloca el tejido sobre la resina usando guantes de goma y se alisan las irregularidades o bolsas de aire con un rodillo de plástico. Se permite que la resina impregne los hilos del tejido. Si se requiere más de una capa de tejido, se aplica una capa adicional de Sikadur ®-301 a una lata de 0.5 kg/m² y se repite el proceso anterior. Se recomienda aplicar una capa delgada.

2) El método de aplicación en húmedo, implica la aplicación de la mezcla de resina; epóxica Sikadur®-301 sobre el sustrato, en una proporción de 1.5-1.6 kg/m², al mismo tiempo que se satura la fibra. Luego, se coloca el tejido sobre la resina utilizando guantes de goma y alisan las irregularidades o bolsas de aire usando un rodillo de plástico. También, se permite que la resina impregne los hilos del tejido. Si se requiere más de una capa de tejido, se debe aplicar una capa adicional de Sikadur ®-301 a una lata de 0.2 kg/m².

Tabla 4 Recomendaciones del producto

Recomendaciones	Valores
Temperatura del sustrato	±8°C
Máxima humedad relativa	4%
Contenido máximo de humedad	Menos 3°C, sobre la temperatura del punto de rocío
Prueba de adherencia	>1.5 N/mm²
Pequeñas aplicaciones	4 mínimas
Grandes aplicaciones	1 cada 10m

Fuente: Novacero, (s.f)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

2.2.24.6 Aplicación. Antes de iniciar el proceso de aplicación, es necesario medir y registrar el contenido de humedad del sustrato (que deber ser inferior al 4%, así como la humedad relativa y determinar el punto de rocío. La temperatura debe ser al menos 3° C por encima del punto de rocío.

Es importante planificar, medir y cortar el tejido SikaWrap con tijeras afiladas a las dimensiones deseadas para su instalación. Siempre se debe trabajar en la misma dirección que las fibras, evitando aplicar esfuerzos en sentido perpendicular. Es recomendable, no ejercer una presión excesiva y evitar desplazar el rodillo hacia adelante y hacia atrás para evitar pliegues o arrugas en el tejido SikaWrap. En los tramos donde se superpongan varios tejidos, deben instalarse en la misma dirección de las fibras y el solape entre ellos debe ser de al menos 100 mm, a menos que se indique lo contrario en el proyecto.

Cuando se colocan varios tejidos unidireccionales uno al lado del otro, no es necesario que se superpongan en la dirección de la trama (perpendicular a las fibras), a menos que se especifique lo contrario en el proyecto. Después de la aplicación, se debe proteger el refuerzo SikaWrap terminado de la lluvia, arena, polvo y otros contaminantes, utilizando, por ejemplo; láminas de plástico protectoras (sin que entren en contacto directo con el refuerzo).

2.2.24.7 Procedimiento de aplicación con tejido en estado húmedo. El término “en húmedo” se utiliza para describir el método de aplicación de la tela en su estado de humedad final. En este proceso, se emplea el époxico con resina de impregnación como imprimación.

El método de aplicación en húmedo, es adecuado tanto para telas no tejidas como para telas tejidas, especialmente aquellas con un peso de superficie superior a 300 g/m², dependiendo del tipo de fibra utilizada. En la imprimación se aplica sobre los soportes preparados con rodillo o brocha, de ser necesario aplicar una segunda capa después que la primera haya impregnado en el soporte de hormigón. La resina se la distribuye manualmente 2/3 de la cantidad prevista sobre una plancha limpia y luego colocar el tejido cortado sobre la plancha entendiéndose uniformemente para saturar completamente el tejido.

Figura 31 Preparación en húmedo de la fibra de carbono



Fuente: Sika, (2020)

Figura 32 Fibra de carbono



Fuente: Sika, (2020)

Figura 33 Reforzamiento con fibra de carbono



Fuente: Sika, (2020)

2.2.25 Reforzamiento con Encamisado de Acero

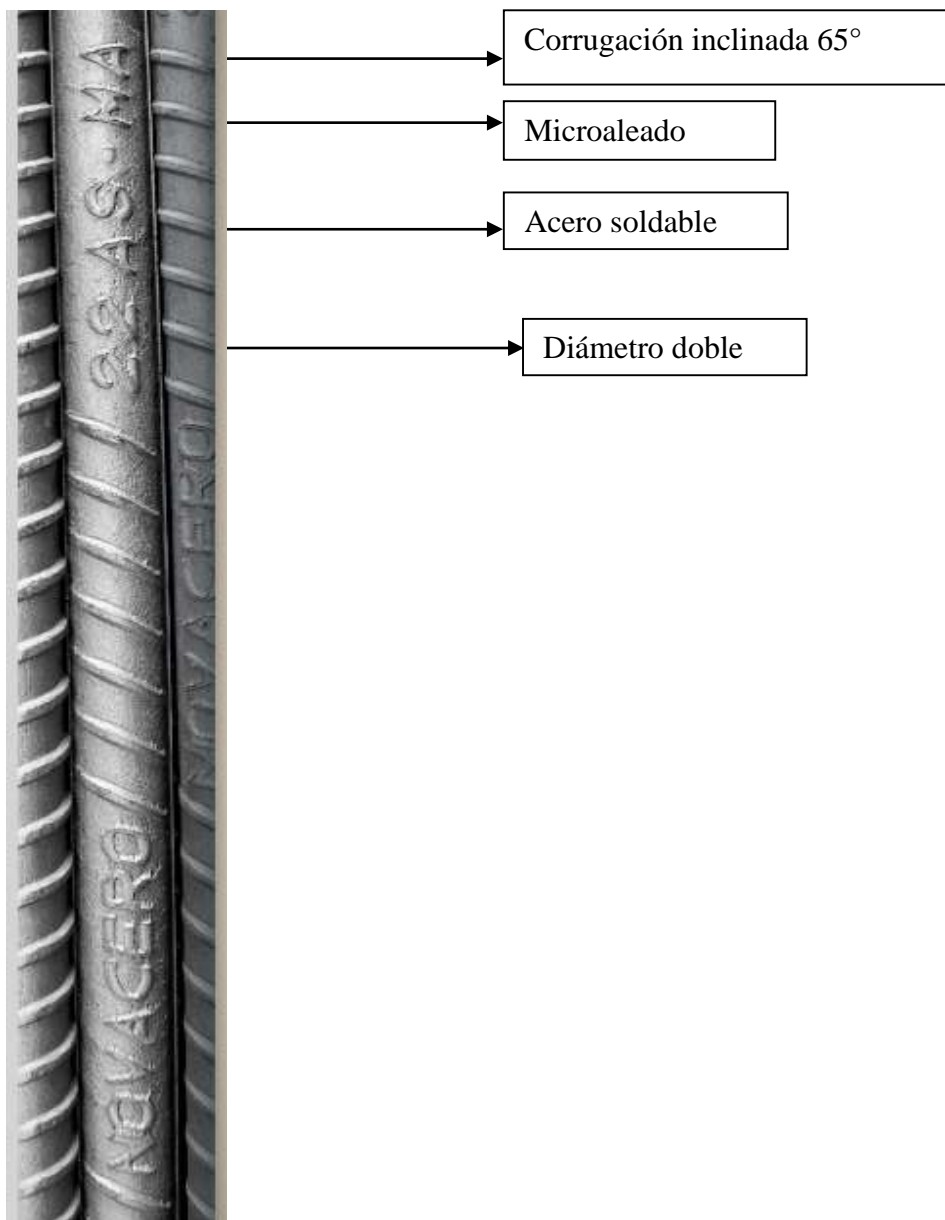
Socorro E, (2022) analizó el comportamiento de una estructura presentado en su estado original por consecuencia del sismo de 1985 con apoyo del software Etabs, tras ser verificada la reacción, se aplicó un reforzamiento del encamisado de columnas y trabes, es por este hecho que se consideraron diferentes condiciones de modelados.

Marca J y Rojas E, (2021) compararon dos técnicas diferentes para reforzamiento estructural que consistió en el analisis de reforzamiento con fibra de carbono y mediante el encamisado de columnas, considerando criterios tecnicos de rigidez, modificaciones y desplazamientos que al realizar dichas comparaciones, dio

como resultado, seleccionar la tecnica de refuerzo conveniente para el estado del lugar de participación que fue el colegio “Cesas Cohaila Tamayo”.

Tudela M, (2022) demostró que, el encamisado de concreto es un metodo más viable y práctico de reforzar una columna debido a que su aplicación es sencilla, que solo requiere de concreto y cuantia de acero ya que este material es un elemento que es sujeto a que pierda su capacidad portante resistente.

Figura 34 Encamisado de columna de concreto



Fuente: Designs, (s.f.)

Según Novacero, (s.f) describió en su ficha técnica, que la varilla Microaleada Novacero es un producto de barra en forma laminada en estado caliente con una sección circular, presenta corrugaciones inclinadas expuestas de manera alternada en los lados de resaltes longitudinales, lo que confiere propiedades específicas. Este tipo de acero se desarrolló en Ecuador y se fabrica utilizando una combinación precisa y cuidadosamente seleccionada de elementos aleantes que mejora las propiedades mecánicas del material, que refuerza estructuras de hormigón armado con diseños sismoresistentes.

Figura 35 Nomenclatura del producto



Fuente: Novacero, (s.f)

2.3 Marco Legal:

En el marco de la ley, en este proyecto como lo estipulado en los lineamientos de la Constitución de la República del Ecuador, la NEC-15 (Norma Ecuatoriana de la Construcción), la norma ACI 318-14 (American concrete Institute) y la norma ASE 7-16 (American Society Of Civil Engineers); todas estas normativas serán de aplicación obligatorias para la exigencia de construcción y remodelación de edificaciones. A continuación, se detalla las normas que serán aplicadas:

- **NORMAS NEC-2015:**
 - NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sísmico resistente
 - NEC-SE-RE: Peligro Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras
 - NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado
- **NORMAS ACI 318-14**
- **NORMAS ASE 7-16**

De acuerdo a lo estipulado en la Constitución de la República del Ecuador según el registro oficial 449 del 20 de octubre del 2008 de la sección sexta según Hábitat y vivienda decreta:

Art. 21.- Señala que las personas tienen derecho a construir y mantener su propia identidad cultural, a decidir sobre su pertenencia a una o varias comunidades culturales y a expresar dichas elecciones; a la libertad estética; a conocer la memoria histórica de sus culturas y a acceder a su patrimonio cultural; a difundir sus propias expresiones culturales y tener acceso a expresiones culturales diversas. No se podrá invocar la cultura cuando se atente contra los derechos reconocidos en la Constitución.

La sección novena de gestión de riesgo menciona lo siguiente:

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. 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.

La sección novena de Gestión del riesgo señala lo siguiente:

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.

Art. 391.- El estado generará y aplicará políticas demográficas que contribuyan a un desarrollo territorial e intergeneracional equilibrado y garanticen la protección del ambiente y la seguridad de la población, en el marco del respeto a la autodeterminación de las personas y a la diversidad.

2.3.1 NORMAS NEC-2015:

En el marco de la ley de las Normas Ecuatorianas de las construcciones (NEC), Ecuador es un país calificado de alto riesgo sísmico es considerable contar con las normas vigentes para mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, las normas aplicadas son: (NEC-SE-DS) Peligro sísmico resistente.

4.2 Filosofía de diseño sismo resistente

4.2.1 Principios

a. Generalidades

La filosofía de diseño permite comprobar el nivel de seguridad de vida. El diseño estructural se hace para el caso de diseño, evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 40 años, equivalente a un periodo de retorno de 475 años.

b. Caracterización

El sísmico de diseño se determina a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura o a partir de un mapa de peligro sísmico.

c. Requisitos mínimos de diseño

Para estructuras de ocupación normal el objetivo del diseño es:

- Prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- Prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales, ante terremotos moderados y poco frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- Evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes.

Esta filosofía de diseño se consigue diseñando la estructura para que:

- Tenga la capacidad para resistir las fuerzas especificadas por esta norma.
- Presente las derivas del piso, antes dichas cargas, inferiores a las admisibles.
- Pueda disipar energía de deformación inelástica, haciendo uso de las técnicas de diseño por capacidad o mediante la utilización de dispositivos de control sísmico.

4.2.2. Límites permisibles de las derivas de los pisos

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Tabla 5: Valores de Δ_M máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Estructuras de :	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: (Nec, 2015)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

4.3 Estructuras de ocupación especial y esencial

4.3.2 Niveles de amenaza sísmica

La verificación de desempeño se hace para los niveles de amenaza sísmica presentados a seguir.

Se clasifican los sismos según los niveles de peligro y periodo medio de retorno tal como en la tabla siguiente:

Tabla 6 Niveles de amenaza sísmica

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno Tr (años)	Tasa anual de excedencia (1/Tr)
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro* (extremo)	2%	2500	0.00040

Fuente: (Nec, 2015)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

4.3.4 Objetivos y niveles de desempeño sísmico

a. Estructuras de ocupación especial

Se deberá verificar un correcto desempeño sísmico en el rango inelástico para:

- No-colapso (nivel de prevención de colapso) ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno (probabilidad anual de excedencia 0.00004).

b. Estructuras esenciales

- Limitación de daño (nivel de seguridad de vida) ante un terremoto de 475 años de periodo de retorno (probabilidad anual de excedencia 0.00211)
- No-colapso (nivel de prevención de colapso) ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno (probabilidad anual de excedencia 0.00004).

4.4 Requisitos del diseño sismo resistente

La filosofía de diseño se traduce por un diseño que cumplirá los 3 requisitos siguientes:

a. Seguridad de vida-condición de resistencia

Se verificará que todas las estructuras (NEC-SE-HM, NEC-SE-AC, NEC-SE-MP, NEC-SE-MD) y su cimentación (NEC-SE-GM) no rebasen ningún estado límite de falla. Se traduce por el nivel “seguridad de vida” de la estructura ante un sismo severo.

Una estructura se considera que satisface los criterios de estado de último límite, si todos los factores siguientes están por debajo del factor de resistencia, calculado para la sección de que se trate:

- de compresión,
- de tracción,
- de cortante,
- de torsión,
- de flexión.

b. Limitación de daños- deformaciones

La estructura presentará las derivas de piso, ante las fuerzas especificadas por esta norma, inferiores a las admisibles. **(Véase en la tabla 4)**

$$\Delta_M < \Delta_M \text{ Máxima}$$

Dónde:

Δ_M Deriva de piso máxima horizontal inelástico

c. Ductilidad

Pueda disipar energía de deformación inelástica, haciendo uso de las técnicas de diseño por capacidad (verificar deformaciones plásticas) o mediante la utilización de dispositivos de control sísmico.

- En las NEC-SE-DS y NEC-SE-CG se determinan los efectos.
- En las NEC-SE-HA, NEC-SE-MP y NEC-SE-AC se determinan las resistencias y deformaciones.

6. Método 1: diseño basado en fuerzas (DBF)

6.1 Requisitos generales

6.1.1 Condiciones de aplicación

Los métodos estático lineal y pseudo-dinámico son ambos obligatorios para todo tipo de estructuras, con excepción de las estructuras totalmente regulares.

El DBF es obligatorio para todo tipo de estructuras. El DBD constituye una alternativa al DBF.

6.2.1. Procedimiento estático

Condiciones de aplicación: se aplicará como mínimo el método estático para todo tipo de estructura.

El factor Z definido será utilizado para definir la PGA, y por ende el espectro en aceleración $S_a(T)$. **(Véase en figura 15 y tabla 3).**

6.2.2 Procedimientos dinámicos de cálculo de las fuerzas sísmicas

d. Modelo matemático

Caso general

El modelo matemático de la estructura incluirá:

- Todos los elementos que conforman el sistema estructural resistente,
- La distribución espacial de las masas y rigideces en la estructura, con una aproximación tal que sea capaz de capturar las características más significativas del comportamiento dinámico.

Caso particulares

- Para el análisis dinámico de estructuras irregulares se utilizará un modelo tridimensional (de acuerdo a la complejidad de la respuesta estructural)
- Para estructuras de hormigón armado y de mampostería, en el cálculo de la rigidez y de las derivas máximas, se deberán utilizar los valores de las inercias agrietadas de los elementos estructurales, de similar forma a la descrita para el procedimiento general de cálculo de fuerzas sísmicas. **(Véase en la sección 6.1.6)** A continuación:

6.1.6 Modelación estructural

a. Generalidades

El modelo matemático de la estructura incluirá:

- Todos los elementos que conforman el sistema estructural resistente.
- Su distribución espacial de masas y rigideces.

La aproximación debe ser capaz de capturar las características más significativas del comportamiento dinámico.

Para el análisis dinámico de estructuras irregulares se utilizará un modelo tridimensional.

b. Inercia de las secciones agrietadas

Para el caso de estructuras de hormigón armado y de mampostería, en el cálculo de la rigidez y de las derivas máximas se deberán utilizar los valores de las inercias agrietadas de los elementos estructurales, de similar forma a la descrita para el procedimiento de cálculo estático de fuerzas sísmicas.

Estructuras de hormigón armado

En este caso, en el cálculo de la rigidez y de las derivas máximas se deberán utilizar los valores de las inercias agrietadas de los elementos estructurales, de la siguiente manera:

- 0.5 I_g para vigas (considerando la contribución de las losas, cuando fuera aplicable)
- 0.8 I_g para columnas
- 0.6 I_g para muros estructurales

I_g Valor no agrietado de la inercia de la sección transversal del elemento.

6.1.7 Carga sísmica reactiva W

La carga sísmica W representa la carga reactiva por sismo.

Caso general

$$W=D$$

Dónde

D Carga muerta total de la estructura

Casos especiales: bodegas y almacenaje

$$W=D+0.25L_i$$

Dónde

D Carga muerta total de la estructura

Li Carga viva del piso i

6.3.3 Determinación del periodo de vibración T

El periodo de vibración aproximativo de la estructura T, para cada dirección principal, será estimado a partir de uno de los 2 métodos descritos a continuación.

El valor de T obtenido al utilizar estos métodos es una estimación inicial razonable del período estructural que permite el cálculo de las fuerzas sísmicas a aplicar sobre la estructura y realizar su dimensionamiento.

a. Método 1

Para estructuras de edificación, el valor de T puede determinarse de manera aproximada mediante la expresión:

$$T = C_t h_n^a$$

Dónde:

C_t Coeficiente que depende del tipo de edificio

h_n Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

T Período de vibración

Para:

Tabla 7 Método para determinación del periodo de vibración T

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostamientos	0.072	0.8
Con arriostamientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Fuente: (Nec, 2015)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

5.4. Metodología de evaluación

5.4.1 Requerimientos mínimos

Como mínimo, la estimación de vulnerabilidad y las pérdidas por efectos de un terremoto, deberá incluir la evaluación de estabilidad del edificio y estabilidad de sitio.

El usuario:

- Escogerá cualquier nivel de investigación para esta evaluación (del Nivel 1 al Nivel 3)
- Deberá aprobar la selección del escenario sísmico y del periodo de retorno de la amenaza sísmica que se usará en la evaluación de las pérdidas SL y PL respectivamente.

En algunos casos, una propuesta de rehabilitación sísmica del edificio puede ser requerida por el usuario bajo condiciones específicas, generalmente cuando la evaluación realizada indique la existencia de inestabilidad o daño que han excedido un valor límite.

b. Requerimientos respecto a la recolección de la información

El uso de cualquier herramienta computacional para la evaluación de pérdidas debidas al terremoto y que requiera solo información general (por ejemplo, tipo de estructura, número de pisos) acerca del edificio y el sitio deberá ser limitada a Nivel 1 (Nivel de examinación) de las evaluaciones.

El usuario deberá acordar con el consultor o proveer de acceso a todos los reportes, planos y especificaciones del edificio, tanto del edificio original como de cualquier modificación, alteración o adición. Esto debe incluir todos los reportes geotécnicos y análisis del sitio y cualquier reporte de investigación ingenieril o de construcción, particularmente aquellas que tengan que ver con terremotos. Donde no sea posible, estos documentos podrán obtenerse de un ente gubernamental o podrán ser obtenidos del profesional responsable del diseño.

El usuario debe proporcionar, en la medida de lo posible, el acceso oportuno a los consultores que han diseñado el edificio o colaborado en su diseño, análisis y evaluación.

2.3.2 NORMAS ACI 318-14

2.3.1 Tipos de acero para hormigón armado

b. Fibras dispersas

El término fibras estructurales se refiere a que su adición al hormigón aporta o contribuye de manera efectiva a la capacidad de carga a flexión, de corte y de impacto en un elemento de Hormigón, además de mejorar el control de fisuras por retracción y la durabilidad del Hormigón.

Las fibras de acero a ser utilizadas como refuerzo estructural e hormigón constituyen un tipo especial de reforzamiento, su distribución dentro de la masa de hormigón es dispersa, tridimensional y aleatoria.

Requisitos básicos:

- Material: deben ser de acero trefilado en frío de bajo contenido de carbono (para hormigones normales).
- Acabado: pueden ser de acero negro pulido o galvanizadas.
- Resistencia nominal a la tracción: desde 1160 N/mm² hasta 1345 N/mm² con tolerancias de +- 7.5% promedio.
- Longitudes: desde 30 mm hasta 60 mm.
- Diámetros: desde 0.55 mm hasta 1.05.

4.3.5 Columnas cortas

Cuando existan muros o paredes integrados a las columnas, que producen “columnas cortas” que sean parte del sistema estructural sino resistente, se considera como altura libre de la “columna corta” el claro producido por las paredes interrumpidas.

Son casos no deseables. En caso de que sean inevitables, los requisitos de diseño son los siguientes:

- Se disminuirá el espaciamiento máximo entre los estribos a 4 veces el diámetro de la varilla longitudinal ($S \leq 4d_b$) sin exceder de 100 mm, en toda la altura de la “columna corta”.

Se realizará un diseño por capacidad de estos elementos. Además de verificar la estabilidad y la capacidad de distorsión global del edificio sean similares a los de un edificio regular, de lo contrario no se emplearán estos elementos.

Se deberá aplicar confinamiento especial, en toda la altura libre de la columna. Si esta fuera menor que cuatro veces la distancia transversal en la dirección de las fuerzas sísmicas, el valor ρ_s no puede ser menor que 0.01 y ninguna combinación de cargas puede producir fuerzas axiales mayores que $0.20 f'_c A_g$.

2.3.3 NORMAS ASCE 7-16

Según como lo contempla la ley en los Estados Unidos, ASCE 7-16 elaborado por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, este código contiene los lineamientos para las cargas mínimas a considerar sobre edificios y otras estructuras, como detallamos a continuación en el capítulo 11.

Capítulo 11

Criterios de diseño sísmico

11.1 GENERALIDADES

11.1.1 Finalidad. El Capítulo 11 presenta los criterios para el diseño y construcción de edificios y otras estructuras sujetas a terremotos movimientos de tierra. Las cargas sísmicas especificadas se basan en disipación de energía postelástica en la estructura. Por este hecho, los requisitos para el diseño, detalles y construcción deben ser satisfecho, incluso para estructuras y miembros para los cuales la carga combinaciones que no incluyen cargas sísmicas indican mayores demandas que las combinaciones que incluyen cargas sísmicas.

11.1.2 Alcance. Cada estructura y parte de la misma, incluyendo componentes no estructurales, deben ser diseñados y construidos para resistir los efectos de los movimientos sísmicos según lo prescrito en los requisitos sísmicos de esta norma.

Ciertas no son edificables estructuras, como se describe en el Capítulo 15, también están dentro del alcance y se diseñará y construirá de acuerdo con los requisitos del Capítulo 15. Requisitos relativos a modificaciones, adiciones y cambios de uso se establecen en el Apéndice 11B. Las estructuras existentes y las modificaciones a las estructuras existentes necesitan cumplir con los requisitos sísmicos de esta norma sólo cuando lo requerido por el Apéndice 11B. Las siguientes estructuras están exentas de los requisitos sísmicos de esta norma:

1. Viviendas unifamiliares y bifamiliares aisladas que se encuentran donde la aceleración de la respuesta espectral mapeada, de período corto, parámetro de acción, SS , es menor que 0.4 o donde el Sísmico Categoría de diseño determinada de acuerdo con la Sección 11.6 es A, B o C.

2. Viviendas unifamiliares y bifamiliares con estructura de madera no incluidos en la Exención 1 con no más de dos pisos sobre el plano de grado, satisfaciendo las limitaciones de y con estructurado de acuerdo con el IRC.

3. Estructuras de almacenamiento agrícola destinadas únicamente a ocupación humana incidental.

4. Estructuras que requieran especial consideración de sus características de la respuesta y el entorno que no son abordados en el Capítulo 15 y para los cuales otras regulaciones proporcionan criterios sísmicos, tales como puentes vehiculares, torres de transmisión de cal, estructuras hidráulicas, utilidad enterrada, líneas y sus accesorios, y reactores nucleares.

5. Muelles y embarcaderos que no sean accesibles al público en general público.

11.4.5 Parámetros de aceleración espectral de diseño. Diseño, parámetros de aceleración de la respuesta espectral del terremoto a corto períodos, SDS , y en períodos de 1-s, $SD1$, se determinarán de las ecuaciones (11.4-3) y (11.4-4), respectivamente. Donde se utiliza el procedimiento de diseño simplificado alternativo de la Sección 12.14, el valor de SDS se determinará de acuerdo con la Sección 12.14.8.1, y no es necesario determinar el valor de $SD1$.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (11.4-3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (11.4-4)$$

11.4.7 Terremoto máximo considerado como objetivo de riesgo (MCER)

Espectro de respuesta. Cuando una respuesta MCER se requiere espectro, se determinará multiplicando el espectro de respuesta de diseño por 1.5.

11.6 CATEGORÍA DE DISEÑO SÍSMICO

A las estructuras se les debe asignar una categoría de diseño sísmico en acuerdo con esta sección. Estructuras de categoría de riesgo I, II o III ubicadas donde se el parámetro de aceleración de respuesta espectral en un período de 1 s, S_1 , es mayor o igual a 0.75 se asignará a Diseño Sísmico Categoría E. Estructuras de Categoría de Riesgo IV ubicadas donde el parámetro de aceleración de respuesta espectral mapeado en un período de 1 s, S_1 , es mayor o igual a 0,75 se asignará a Sísmica Categoría de diseño F. Todas las demás estructuras se asignarán a una Categoría de Diseño Sísmico en base a su Categoría de Riesgo y parámetros, S_{ds} and S_{d1} , de aceleración de respuesta espectral de diseño, SDS y $SD1$, determinado de acuerdo con la Sección 11.4.5. Cada edificio y se asignará a la estructura de diseño sísmico más severa Categoría de acuerdo con la Tabla 11.6-1 o 11.6-2, independientemente.

Tabla 8 11.6-1 Categoría de diseño sísmico basada en períodos cortos

Valor of S_{DS}	I or II or III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Fuente: ASCE, (2017)

Elaborado por: Lambert y Mendez. (2023)

Tabla 9 11.6-2 Categoría de diseño sísmico basada en un período de 1 s

Valor of S_{D1}	I or II or III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{DS}$	D	D

Fuente: ASCE, (2017)

Elaborado por: Lambert y Mendez. (2023)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación

Para realizar esta investigación, se utilizará el tipo de enfoque mixto, es decir; del diseño cualitativo o también llamado naturalista que estudia contextos o ambientes naturales, que se encarga de recolectar datos sin medición numérica y a su vez comparará el modelado de la estructura.

El diseño cuantitativo donde se obtendrá datos precisos numéricos sobre el comportamiento causa-sismo de la edificación durante un terremoto de menor y mayor magnitud.

3.2 Alcance de la investigación

El alcance del proyecto de investigación es exploratorio porque añade lo siguiente: el problema establecido permitió realizar la respectiva recolección de información bibliográfica y registros de respuestas sísmicas que se basará en la comparación de los resultados obtenidos del reforzamiento de estructuras, tanto el polímero de fibra de carbono como el encamisado de acero, modelado en el software Etabs v20.

En un proyecto de investigación exploratorio, el objetivo principal es investigar y explorar un tema o problema específico para obtener un mayor entendimiento o generar nuevas ideas. En este caso, el problema establecido es el reforzamiento e estructuras y se busca evaluar y comparar los resultados de dos técnicas diferentes. La recolección de información bibliográfica y los registros de respuestas sísmicas servirán como base de datos para llevar a cabo el análisis comparativo en el software Etabs v20.

Así mismo, permite obtener información relevante sobre las dos técnicas de reforzamiento y su efectividad en la mejora de la resistencia estructural ante eventos sísmicos. Los resultados obtenidos otorgan conocimientos para futuras investigaciones o proyectos de diseño estructural, así como para la toma de decisiones en la aplicación de estas técnicas en proyectos reales.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

El presente estudio tuvo como técnica exploratoria y como instrumentos se basó en pruebas variables, datos estadísticos y correlacional, ya que se empleó software sofisticado como el itinerario Excel y Etabs para modelación y correlación de los datos.

3.4 Población y muestra

En el marco de esta investigación, se utilizarán las estructuras arquitectónicas de la Iglesia Stella Maris, como columnas y vigas, las cuales necesitarán refuerzos debido a la alta vulnerabilidad sísmica de la zona. Estos refuerzos se llevarán a cabo mediante técnicas apropiadas que sean resistentes a momentos y la iglesia servirá como población y muestra para el estudio.

3.5 Tipos de Muestra en investigación cualitativa

Para el proceso de investigación del presente estudio se emplean métodos y herramientas específicas para recopilar los datos necesarios:

- **Encuesta**

Es un método utilizado para recopilar información de manera sistemática sobre los conceptos relacionados con el problema de investigación, a través de la interrogación de los participantes. Se emplea un cuestionario con preguntas y se la administra a la población o muestra.

- **Observación:**

Por medio de esta técnica, fue preciso la toma de información para el análisis de vulnerabilidad y características de los materiales, identificando los procesos necesarios para su aplicación, así para su posterior registro de datos.

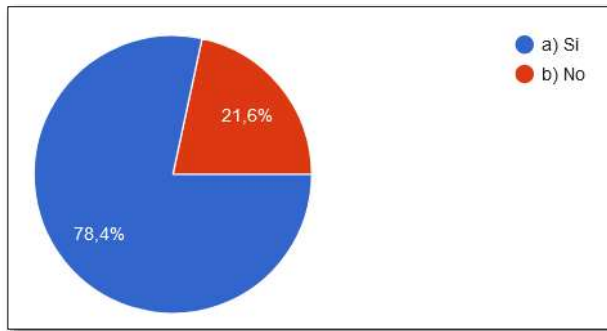
3.5.1 Tabulación de los datos de la encuesta

Luego de recopilar la muestra señalada anteriormente, se procede a la tabulación de los resultados obtenidos, que implica presentar los datos estadísticos relacionados con las preguntas creadas en el formulario de google, que fue remitida a 72 participantes, representados mediante gráficos que reflejan las evaluaciones proporcionadas por el grupo encuestado. **(Ver plantilla en anexo)**

Pregunta 1.- ¿Está familiarizado/a con el concepto de vulnerabilidad sísmica estructural?

- a) Si
- b) No

Figura 36 Pregunta 1



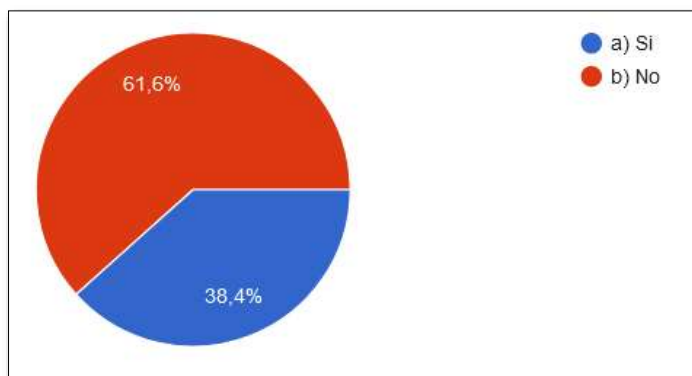
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Las encuestas realizadas, dieron resultados en su gran mayoría que las personas encuestadas con el 78,4% si tienen conocimiento sobre vulnerabilidad sísmica y con el 21,6% correspondientes a que no tienen instrucción con el concepto.

Pregunta 2.- ¿Usted, ha realizado alguna evaluación de la vulnerabilidad de su estructura?

- a) Si
- b) No

Figura 37 Pregunta 2



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

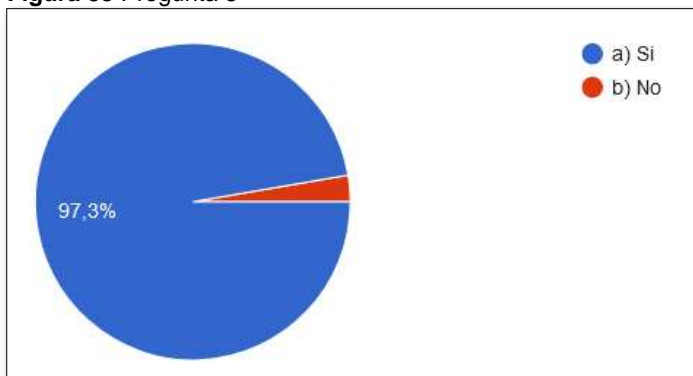
Con la interrogante propuesta, el 38,4% conoce sobre las condiciones que se encuentra su estructura, no obstante, el 61,6% de los encuestados

manifiestan que no, ya sea por varios factores y uno de ellos; la falta del conocimiento por tal motivo es un tema que desconocen.

Pregunta 3.- ¿Usted, considera que la ciudad de Guayaquil se encuentra en una zona altamente vulnerable a los terremotos?

- a) Si
- b) No

Figura 38 Pregunta 3



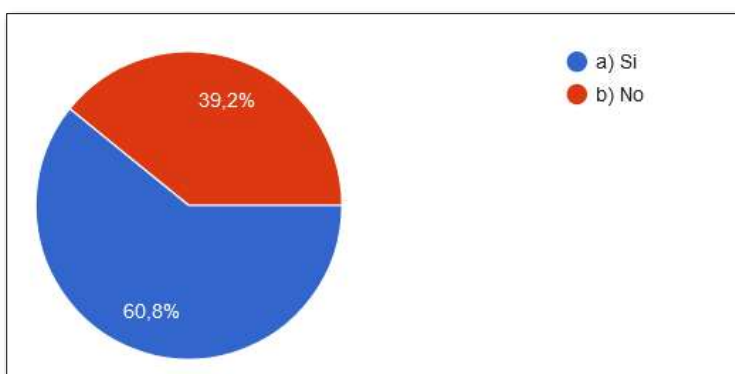
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

En su gran mayoría, un 97,3% de los encuestados, manifiestan que si consideran que la ciudad de Guayaquil, se encuentra en una zona altamente vulnerable por tal motivo está propenso a la presencia de eventos sísmicos.

Pregunta 4.- ¿Considera que su estructura donde habita es resistente ante eventos sísmicos u otros peligros?

- a) Si
- b) No

Figura 39 Pregunta 4



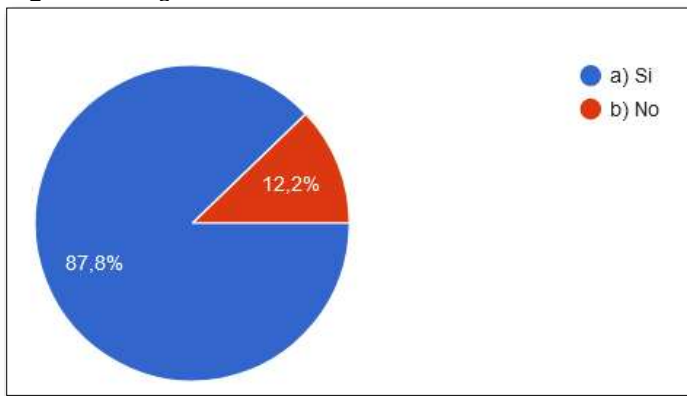
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

De los 100% de los encuestados, el 60,8% consideran que la estructura donde habitan es resistente a efectos de la naturaleza, porque son construcciones con materiales de la época como es el caso de la utilización del acero convencional.

Pregunta 5.- ¿Estaría dispuesto/a invertir en medidas reforzamiento estructural para mejorar la seguridad de su estructura?

- a) Si
- b) No

Figura 40 Pregunta 5



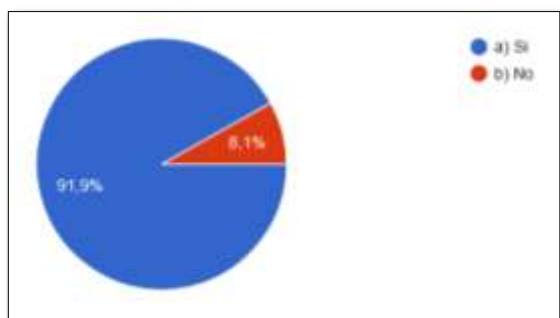
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Mediante la pregunta formulada, el 87,8% de los encuestados manifiestan que, invertir en nuevas técnicas de reforzamiento estructural está catalogado como medidas de buenas prácticas para prevenir daños en las estructuras.

Pregunta 6.- ¿Está de acuerdo con la aplicación de la fibra de carbono para reforzamiento de estructuras?

- a) Si
- b) No

Figura 41 Pregunta 6



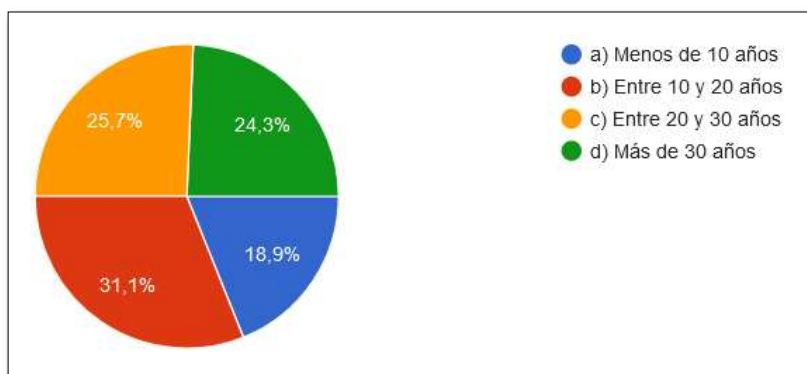
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

El 91,9% de los encuestados mencionan que, la aplicación de esta técnica en nuestro territorio es muy óptima y eficaz para garantizar la ductilidad de las estructuras.

Pregunta 7.- ¿Cuál es la antigüedad aproximada de su estructura?

- a) Menos de 10 años
- b) Entre 10 y 20 años
- c) Entre 20 y 30 años
- d) Más de 30 años

Figura 42 Pregunta 7



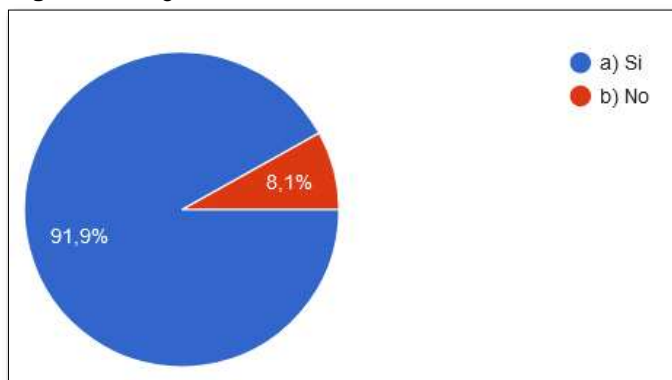
Elaborado por: Lambert y Mendez (2023)

A partir de la interrogante planteada, los resultados arrojan que, los encuestados estiman que el sitio donde habitan estructuralmente se encuentra en una construcción entre los 10 y 20 años.

Pregunta 8.- ¿Considera que existe una falta de conciencia generalizada sobre la importancia de las normas vigentes en los especialistas?

- a) Si
- b) No

Figura 43 Pregunta 8



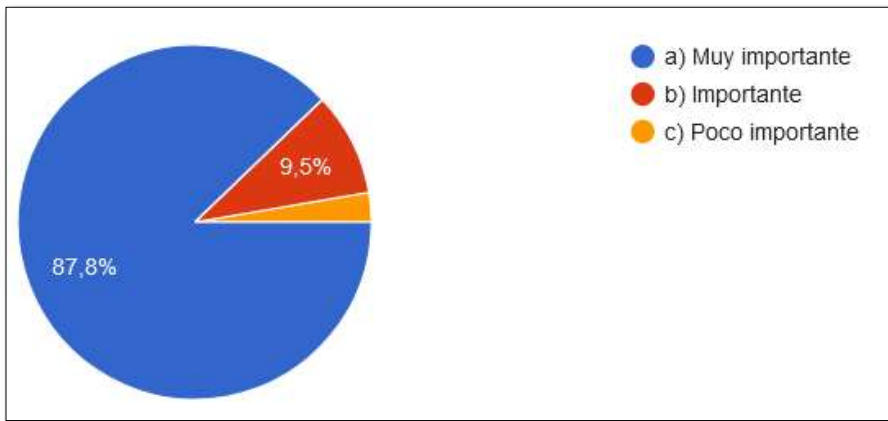
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

El 91,9% de los encuestados, considera que existe una falta de conciencia en términos generales sobre la importancia de normas de la construcción vigentes en los especialistas.

Pregunta 9.- ¿Cuál es la apreciación sobre la importancia del reforzamiento estructural en términos de la seguridad de las personas y la protección del patrimonio frente a desastres naturales o eventos peligrosos?

- a) Muy importante
- b) Importante
- c) Poco importante

Figura 44 Pregunta 9



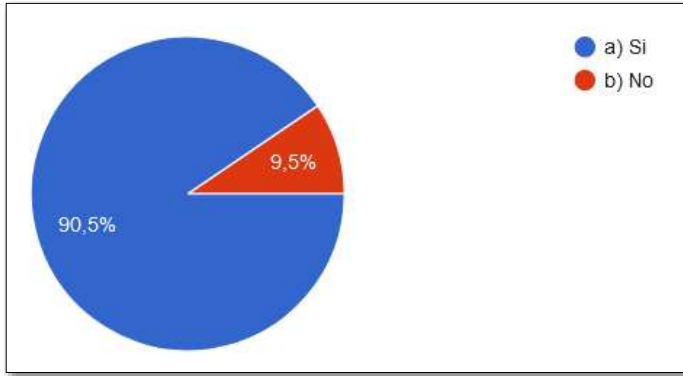
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Del 100% de encuestados, el 87,8% de ellos manifiesta que es muy importante el reforzamiento estructural para otorgar la plena seguridad de las personas y la protección del patrimonio frente a desastres naturales o eventos peligrosos.

Pregunta 10.- ¿Cree usted que es posible migrar de las técnicas tradicionales de refuerzo estructural a enfoques más innovadores?

- a) Si
- b) No

Figura 45 Pregunta 10



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Finalmente, el 100% de encuestados el 90,5% manifiesta que es posible la migración de técnicas tradiciones de refuerzos estructurales e técnicas con enfoques más innovadores.

CAPÍTULO IV

Propuesta

El reforzamiento estructural de una edificación se basa en los resultados obtenidos al caracterizar y clasificar las propiedades inherentes de la estructura. En el caso de la Iglesia “Stella Maris” que se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, conocida por ser una zona altamente sísmica, debido a su estatus como una edificación con el más alto grado de protección y catalogada como un bien patrimonial se plantea la necesidad de aplicar un refuerzo que tome en cuenta criterios sismo-técnicos y normas vigentes para garantizar la seguridad estructural como la preservación de su valor patrimonial. Para lograr esto, se utiliza el software sofisticados Etabs v20 que permita realizar un modelado de las estructuras de columnas y vigas; evaluando su comportamiento durante y después de un evento sísmico.

Esto implica un modelado estructural a través del software especializado que permitirá simular diferentes escenarios sísmicos y determinar el desempeño de la edificación con el fin de reducir los efectos de las fuerzas internas en las estructuras, buscando una intervención óptima. Esto incluye evaluar la respuesta de las columnas y vigas ante las fuerzas sísmicas, la deformación de los elementos estructurales y la capacidad de resistencia de la estructura en general. De acuerdo a los resultados del análisis y modelamiento estructural, se puede afirmar que la estructura presenta debilidades en áreas consideradas críticas, debido a esfuerzos cortantes, de tracción y compresión.

Esto significa que existen zonas vulnerables que carecen de insuficiente soporte y que se producen cambios en las secciones, claramente representa una desventaja para la resistencia de la edificación, especialmente debido a las grandes dimensiones que poseen, lo que aumenta la carga de peso propio que se debe al incremento de material de construcción y la masa que se desplazaría durante un evento sísmico. Las medidas proporcionadas es de 15.97 m de ancho y 34,44 m de longitud. Es por esto, que para la propuesta se usó el software sika Carbodur para el cálculo correspondiente.

4.1 Presentación y Análisis de Resultados

4.1.1 Registros acelerógrafos

Los registros acelerógrafos fueron tomados del archivo de aceleración por parte de la Red Nacional de acelerógrafos (RENAC) Ecuador, dichos registros muestran la aceleración que experimenta un lugar con respecto a un evento sísmico.

Tabla 10 Registro acelerógrafo desde:

TIEMPO(SEG)	a (G)	Vel(mm/sec)	Dis(mm)
0	0.0003	0	0

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Tabla 11 Registro acelerógrafo hasta:

TIEMPO(SEG)	a (G)	Vel(mm/sec)	Dis(mm)
32.33	-0.0004	3.94605	67.84384

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Evento: 201604162358

Fecha del evento UTM (aa-mm-dd): 2016-04-16

Estación: AAM2

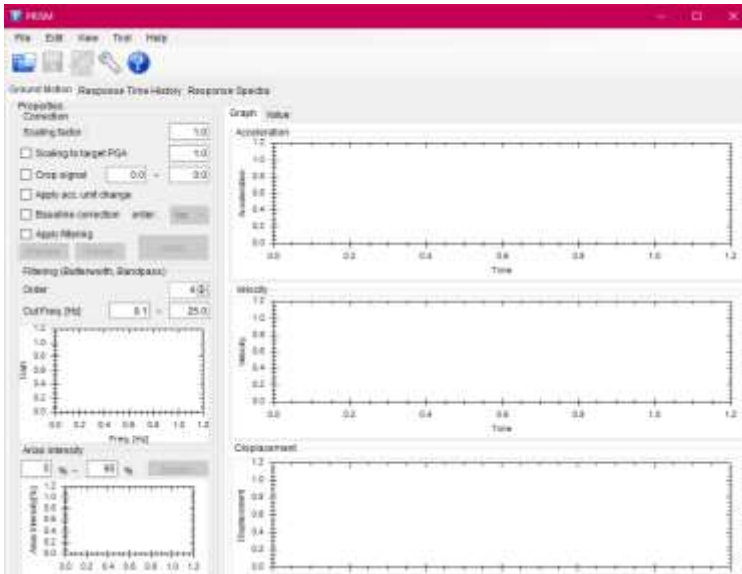
Componente: E

Frecuencia de muestreo (Hz): 1.000000e+02

Unidades: cm/s²

Los valores dados, son exportados a un archivo de texto; posteriormente para organizarlo se procede a trasladar los datos de orientación al norte y sur al itinerario Excel. Luego, abrimos la aplicación Prism, el cual nos permite agregar los datos desde el archivo exportado del itinerario que permite representar por medio de gráficos la siguiente información:

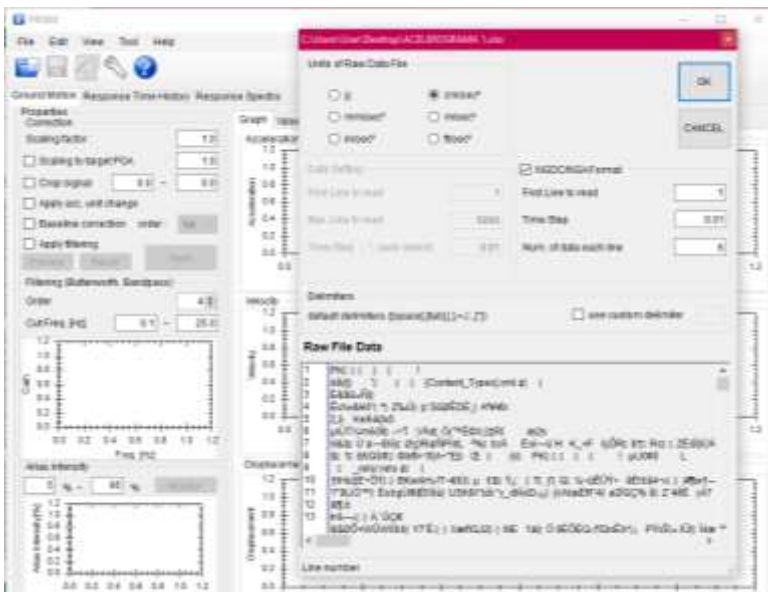
Figura 46 Ingresos de los datos correspondientes



Fuente: (IGEPN, 2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

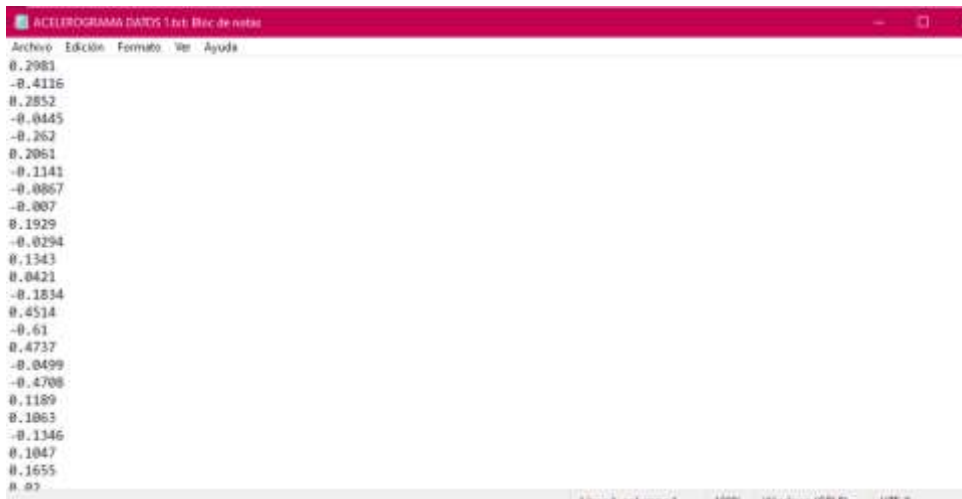
Figura 47 Ingreso de datos



Fuente: (IGEPN, 2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 48 Datos de la Red Nacional de acelerógrafos.



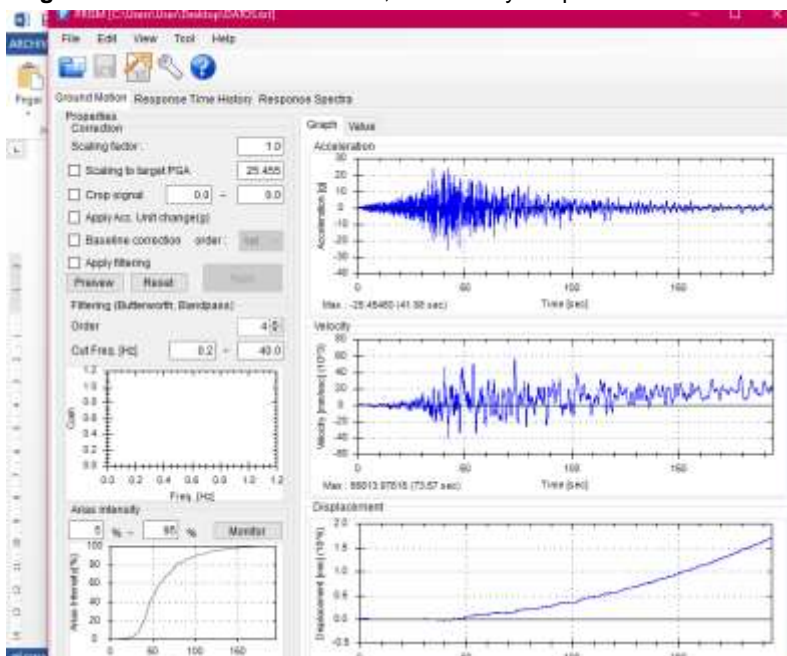
Fuente: (IGEPN, 2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Datos del archivo de aceleración de la Red Nacional de acelerógrafos, separados por sección. A partir del ingreso de los datos al itinerario Excel, se procede a guardar en archivo txt.

Al tabular los datos correspondientes, el programa grafica automáticamente la aceleración, la velocidad y el desplazamiento.

Figura 49 Gráficos de aceleración, velocidad y desplazamiento.

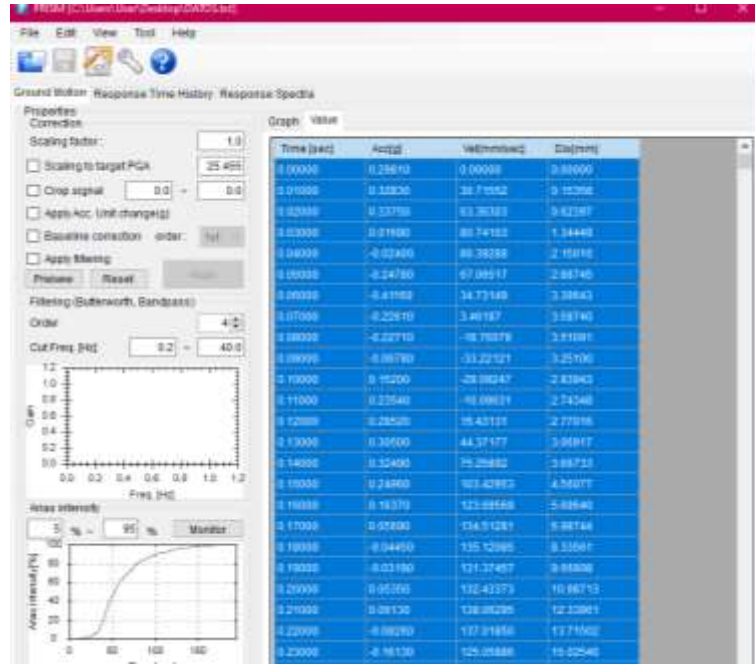


Fuente: (IGEPN, 2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Fuente: IGEPN, (2023)

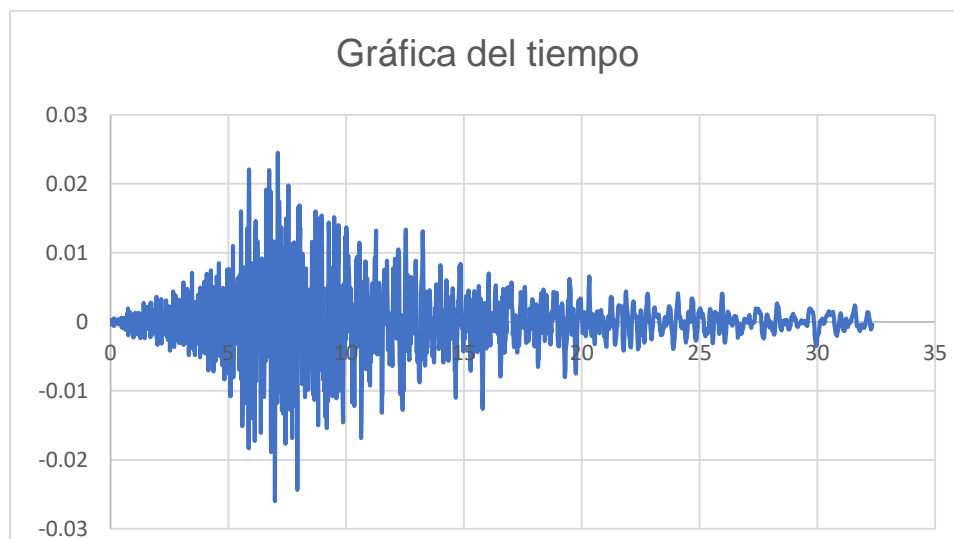
Figura 50 Valores otorgados por IGEPN



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

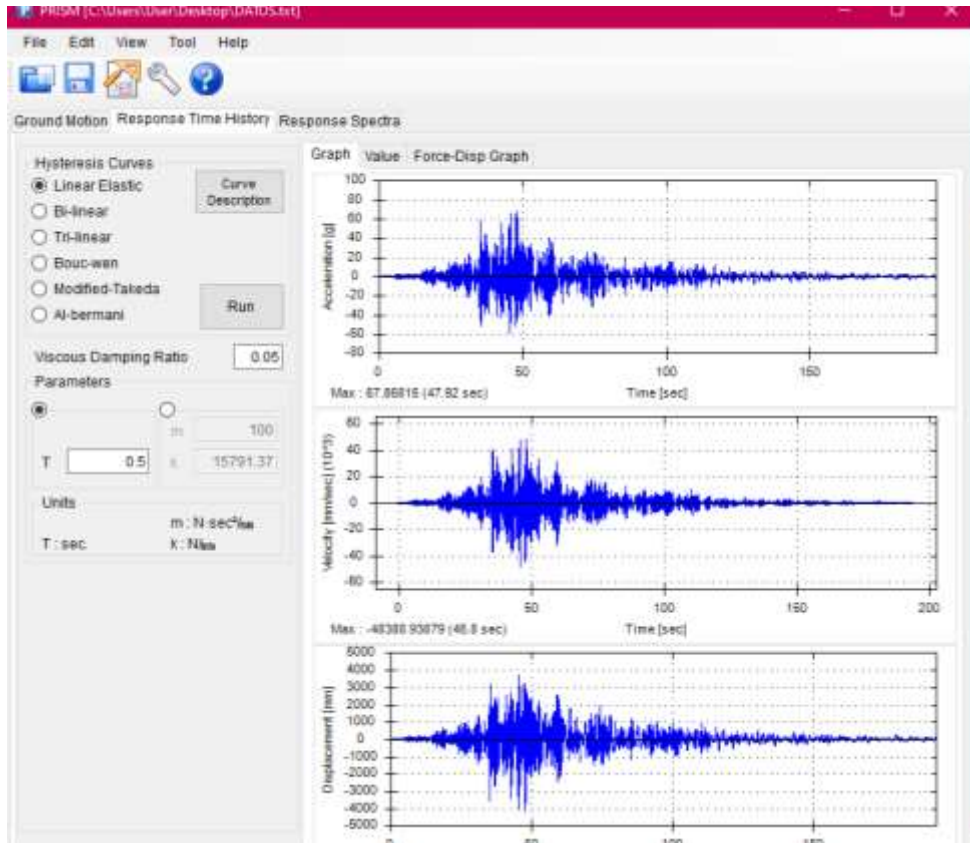
Figura 51 Gráfica del tiempo



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

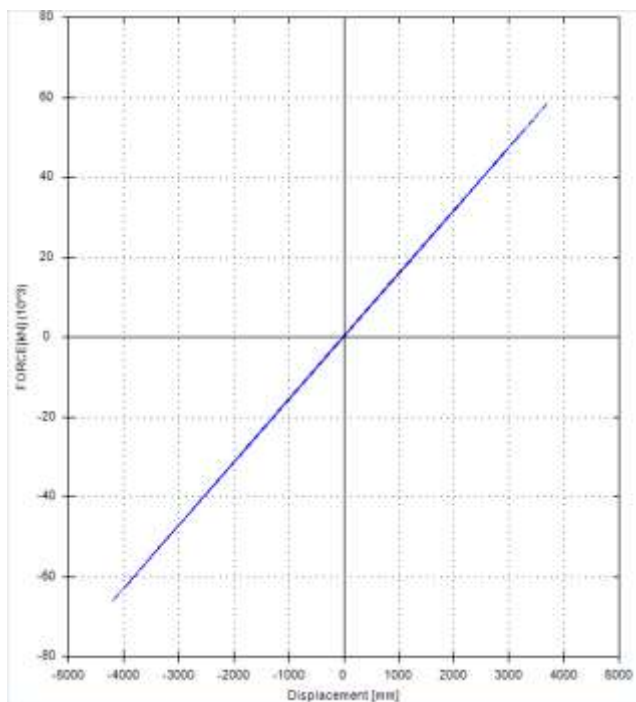
Figura 52 Gráfico de respuesta en tiempo de historia.



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

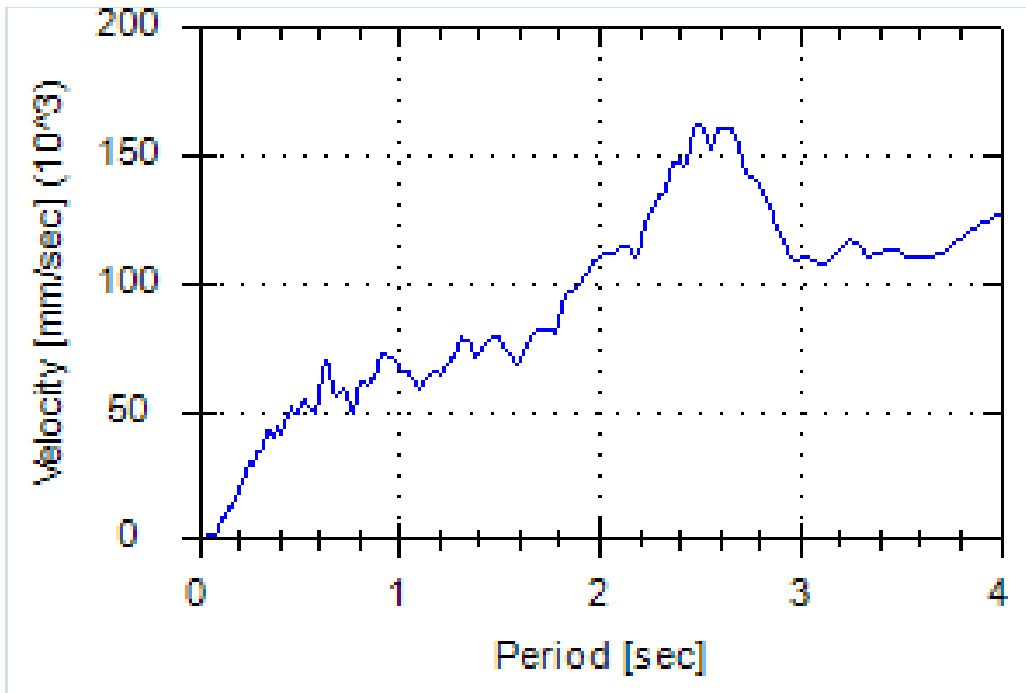
Figura 53 Gráfica de fuerza y desplazamiento.



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

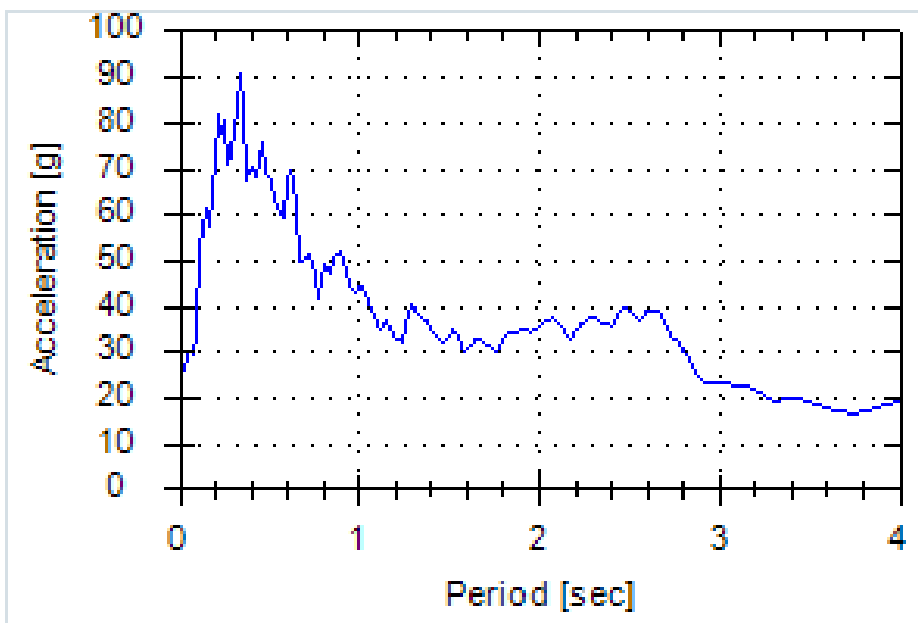
Figura 54 Gráfico de espectros de tiempo de historia en velocidad.



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

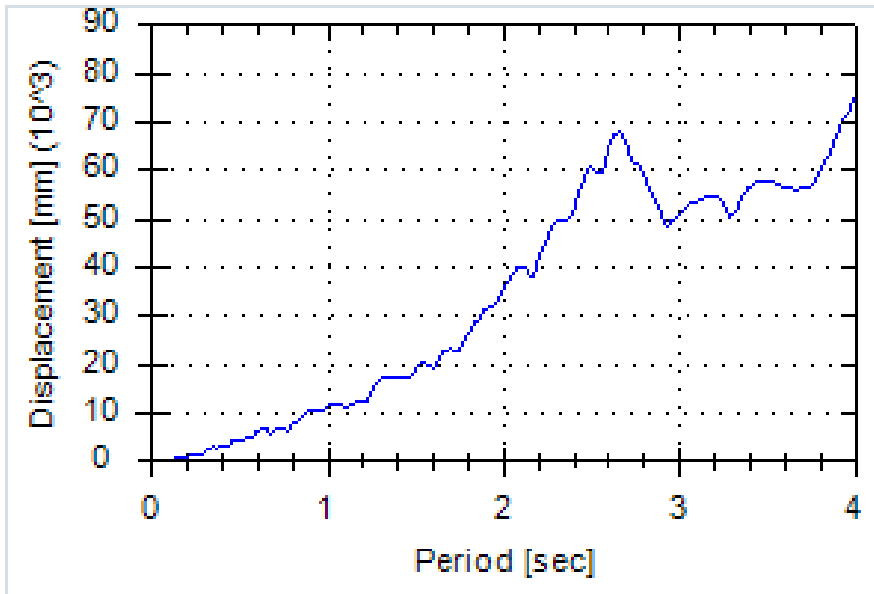
Figura 55 Gráfico de espectros de tiempo de historia en aceleración.



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

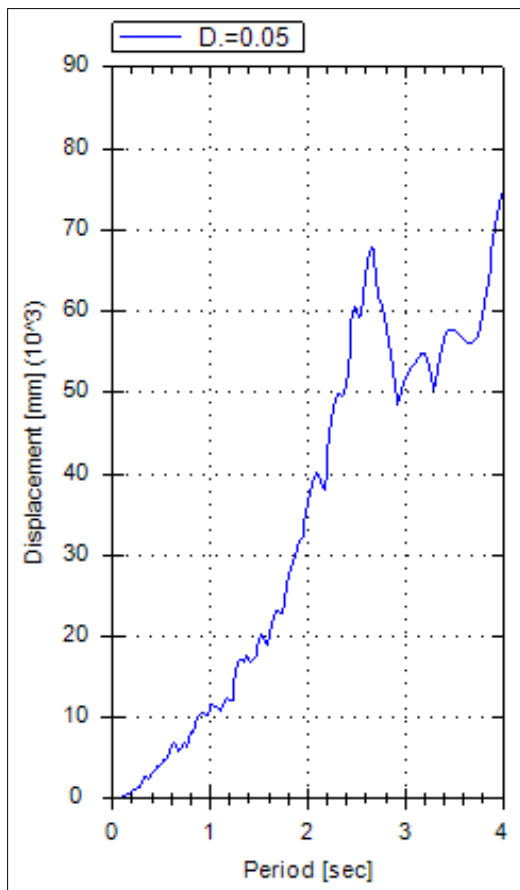
Figura 56 Gráfico de espectros de tiempo de historia en desplazamiento.



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

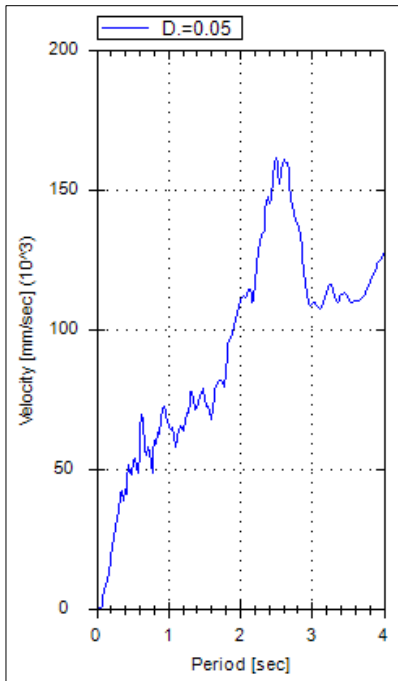
Figura 57 Gráfico de espectro de respuesta



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

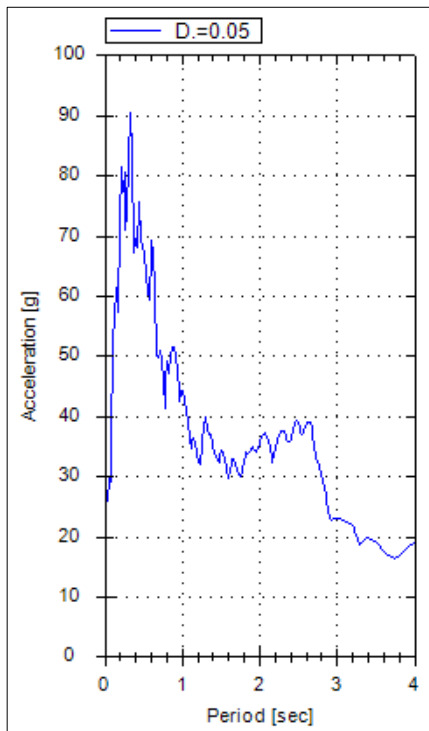
Figura 58 Gráfico de espectro de respuesta



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

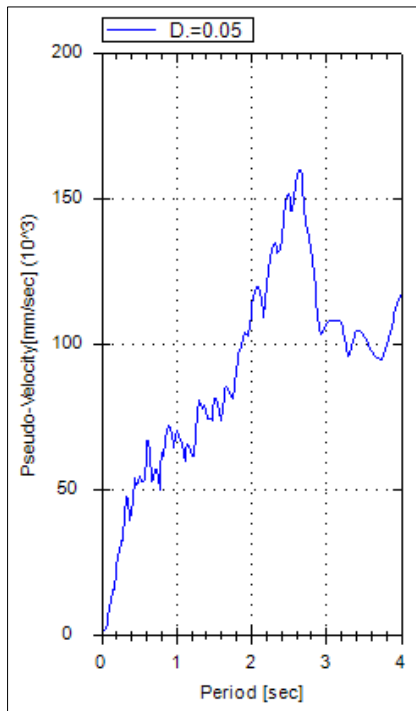
Figura 59 Gráfica de tiempo de respuesta



Fuente: IGEPN,(2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

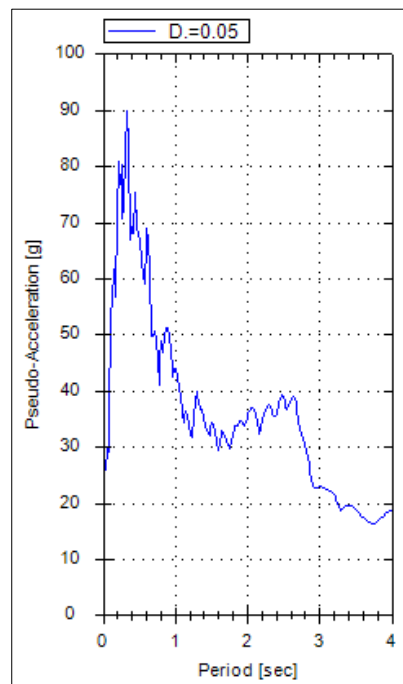
Figura 60 Espectro de respuesta



Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 61 Espectro de respuesta



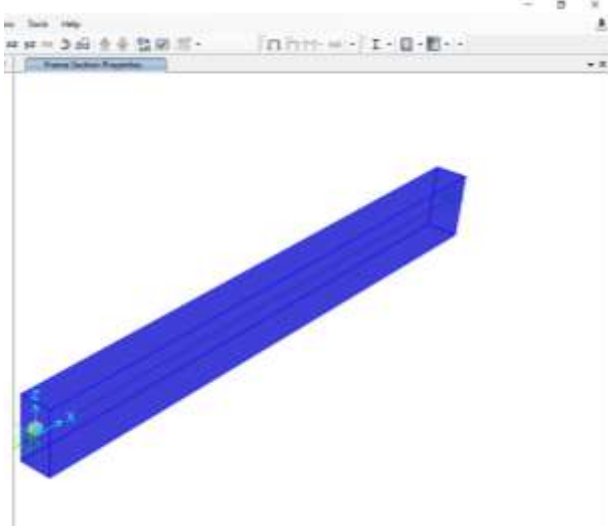
Fuente: IGEPN, (2023)

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

4.1.2 Modelamiento Estructural mediante la Técnica Convencional

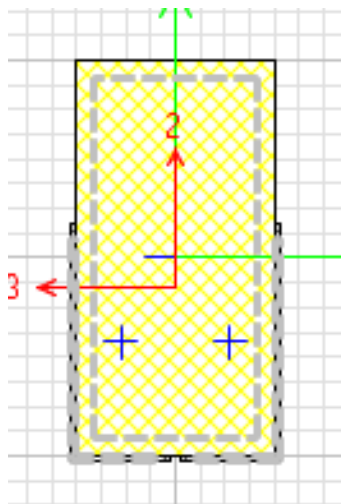
Encamisado de Acero según ETABS v20

Figura 62 Viga con sección 20 x 20 cm con una luz de 3.69m



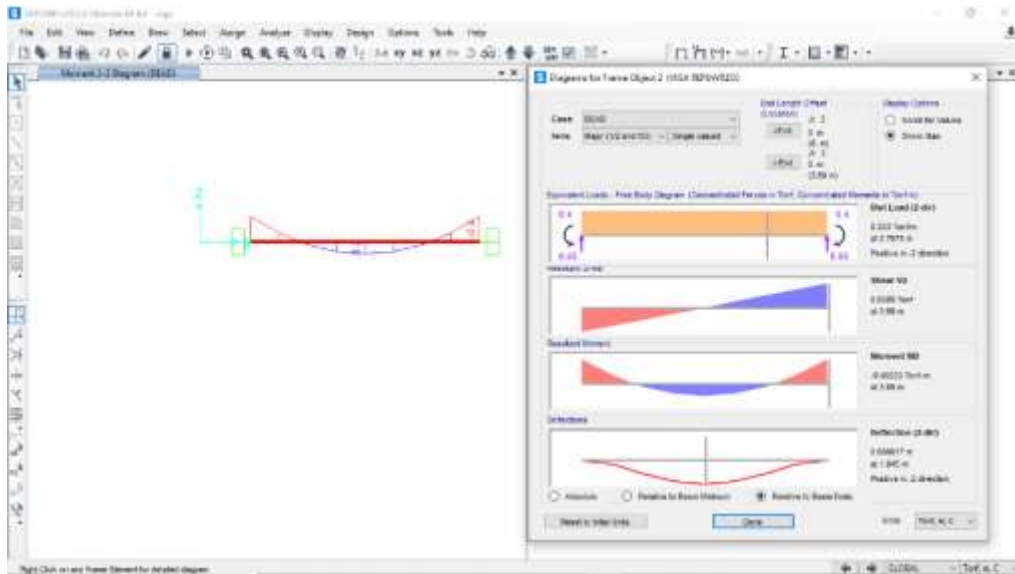
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 63 Viga empotrada en sus extremos



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

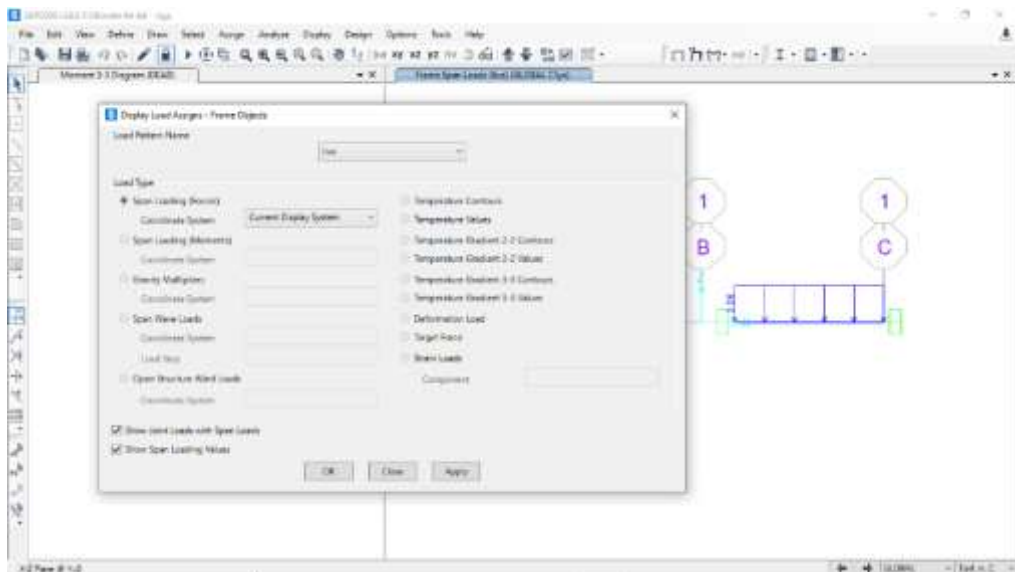
Figura 64 Aplicación de carga muerta y viva



Nota: Aplicación de carga muerta 13 kg/ml y carga viva 57.41kg/ml

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

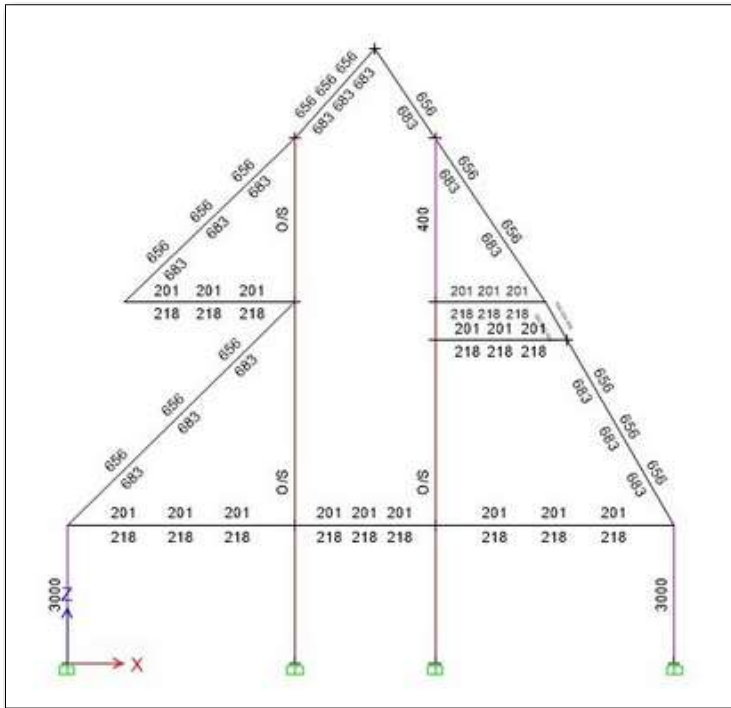
Figura 65 Momentos y cortantes



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

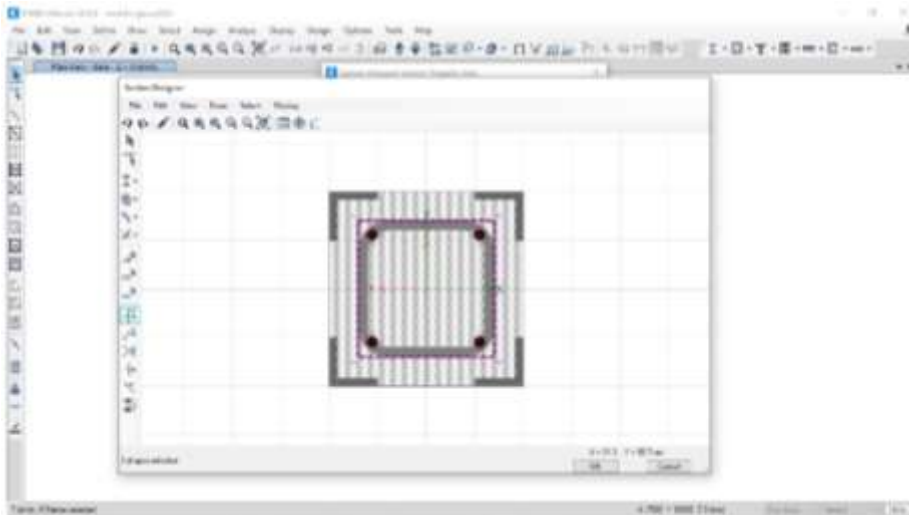
4.1.3 Columna Estructural con Refuerzo en Encamisado de Acero

Figura 66 Columna de sección 25 x 25 cm con refuerzo de 10 mm



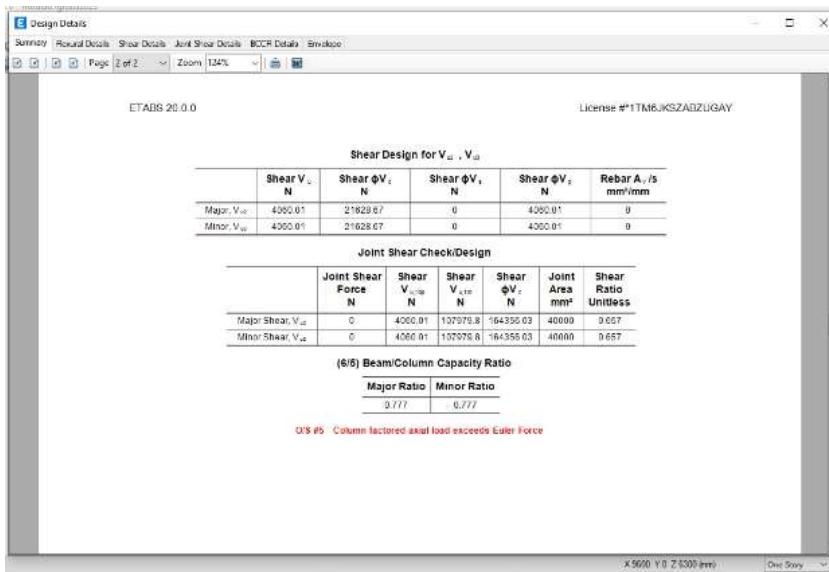
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 67 Medidas



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 68 La carga axial factorada de la columna excede la fuerza de Euler



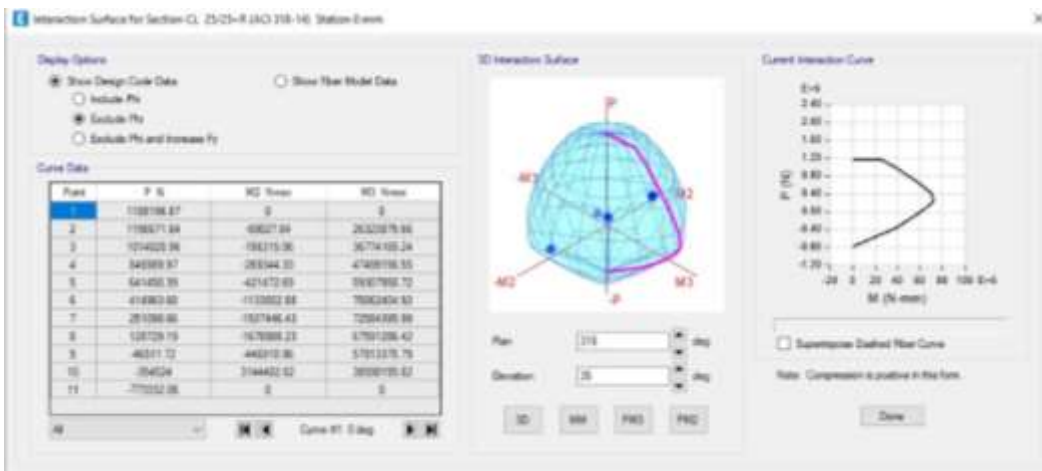
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 69 Etabs Concrete Frame



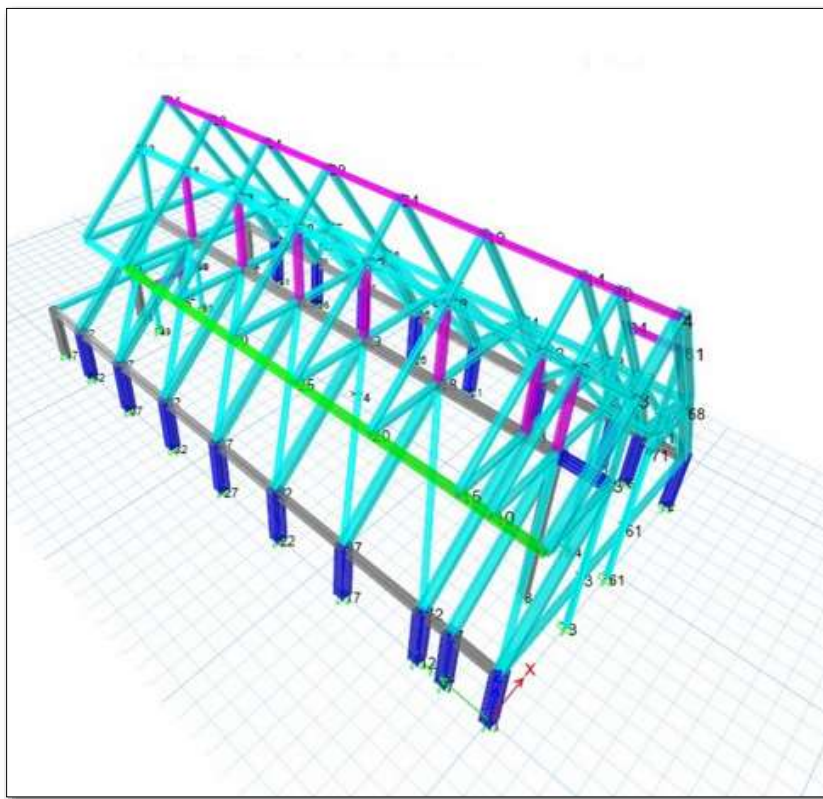
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 70 Diagrama de interacción



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 71 Modelo de columna en Etabs

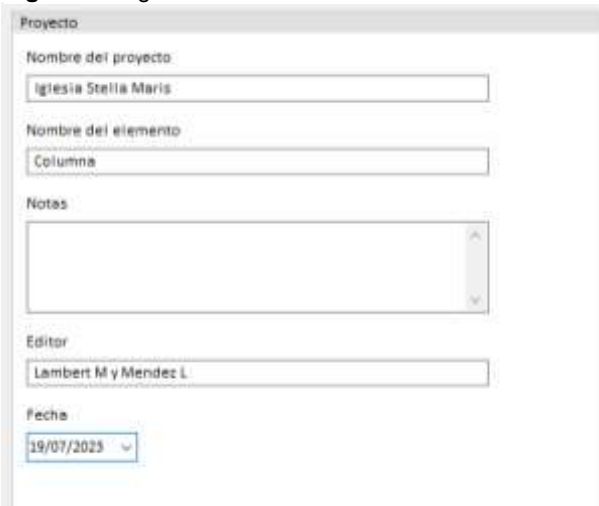


Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

4.2 Propuesta

4.2.1 Reforzamiento Estructural mediante la Fibra de Carbono

Figura 72 Ingreso de datos



Proyecto

Nombre del proyecto
Iglesia Stella Maris

Nombre del elemento
Columna

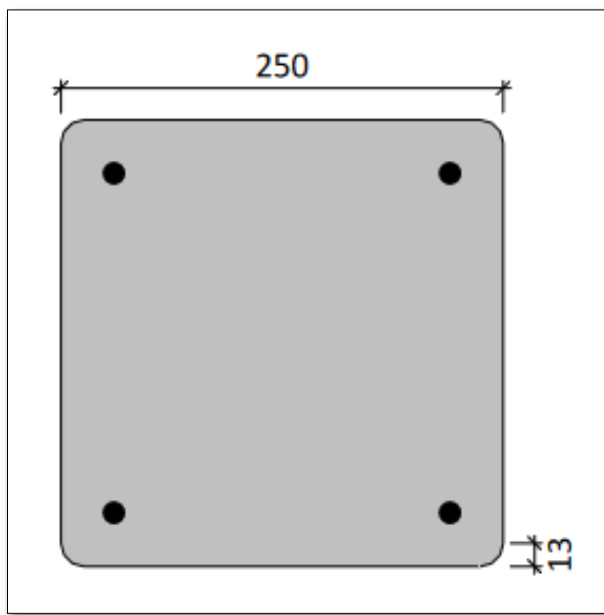
Notas

Editor
Lambert M y Mendez L.

Fecha
19/07/2023

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 73 Sección de columna

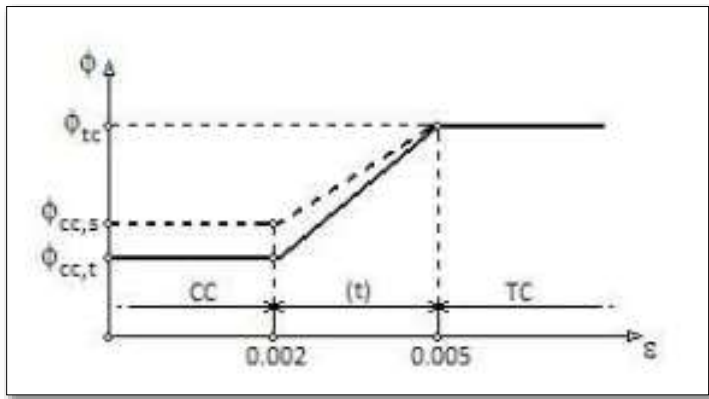


Nota: Sección transversal = Rectangular (redondeada)

Ancho (b) = 250 mm, canto (h) = 250 mm y radio (r) = 15 mm

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 74 Factores de reducción de resistencia



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Tabla 12 Factores de carga

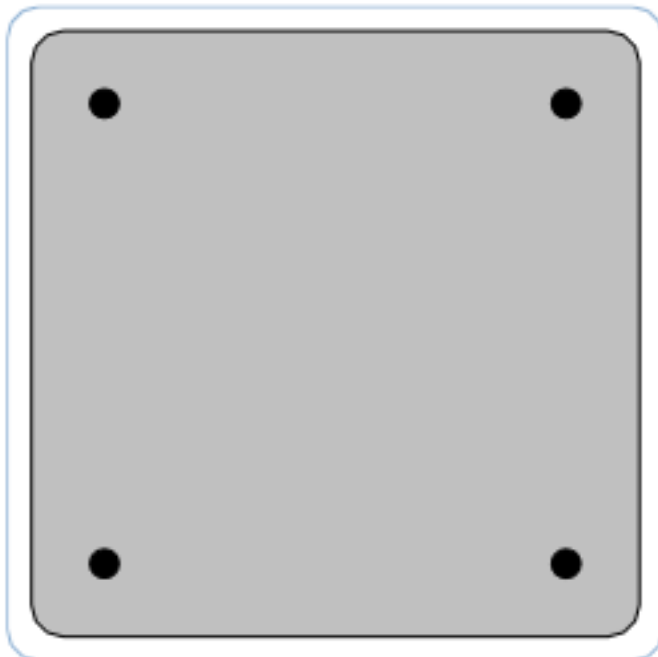
Combinaciones ACI	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	1.00
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.20	1.60
Acciones de servicio previstas	1.00	1.00
Caso de incendio	1.00	1.00

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición interior ($C_e = 0.95$)

Figura 75 Refuerzo FRP



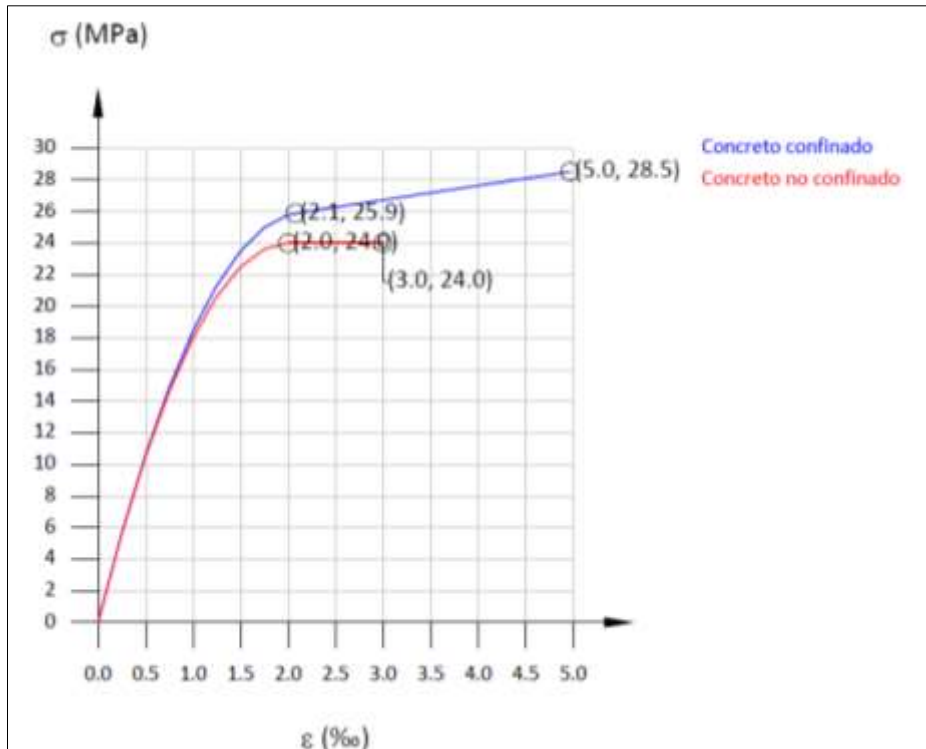
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Tabla 13 Propiedades del refuerzo FRP

Laminado	ϵ_{fu}^*	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número n	Ancho (mm)
SikaWrap® 600C WV - 50 cm	0.0159	200000.00	0.331	2	500.00

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 76 Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP)



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

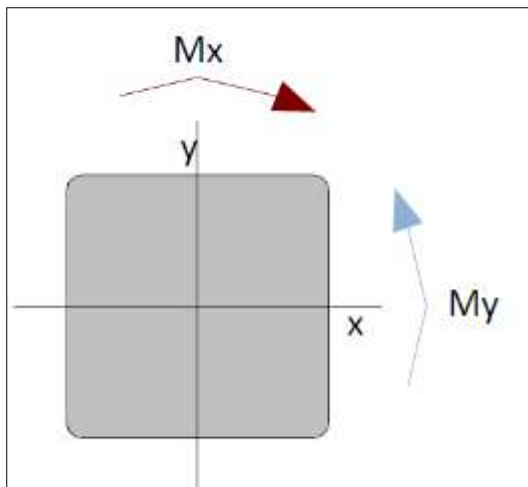
Cargas muertas

PDL = 150.00 kN, MDL,x = 1.00 kN·m, MDL,y = 10.00 kN·m

Cargas vivas

PLL = 200.00 kN, MLL,x = 1.00 kN·m, MLL,y = 10.00 kN·m

Figura 78 La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que esté presente durante periodos de tiempo prolongados



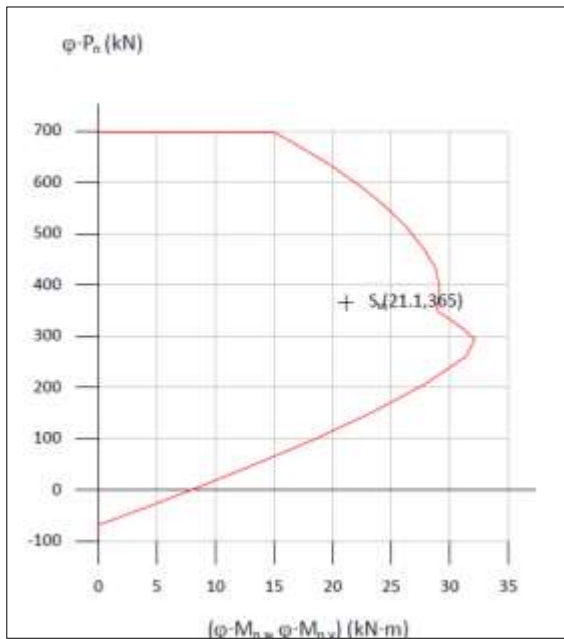
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 77 Resultados

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN-m)	$M_{u,y}$ (kN-m)	$\phi P_{u,max} \geq P_u; \phi S_x \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{D1} + 1.00 \cdot S_{L1}$	0.65	365.00	2.10	21.00	Sección no reforzada ✓
Sección reforzada bajo cargas previstas					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN-m)	$M_{u,y}$ (kN-m)	$\phi P_{u,max} \geq P_u; \phi S_x \geq S_u$
$S_u = 1.20 \cdot S_{D1} + 1.60 \cdot S_{L1}$	0.65	500.00	2.80	28.00	Sección reforzada ✓
Estados límite de servicio					
Acciones	Tensiones de servicio		$\sigma_{s,max} \leq 0.65 \cdot f_s$	$\sigma_{s,max} \leq 0.60 \cdot f_t$	
$S_u = 1.00 \cdot S_{D1} + 1.00 \cdot S_{L1}$	$\sigma_{s,max} = 12.61 \text{ MPa}$	$\sigma_{s,max} = 135.47 \text{ MPa}$	$12.61 \text{ MPa} \leq 15.60 \text{ MPa}$ ✓	$135.47 \text{ MPa} \leq 144.00 \text{ MPa}$ ✓	
Resistencia al fuego (t=0 min.)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN-m)	$M_{u,y}$ (kN-m)	$\phi P_{u,max} \geq P_u; \phi S_x \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{D1} + 1.00 \cdot S_{L1}$	1.00	350.00	2.00	20.00	Sección no reforzada ✓

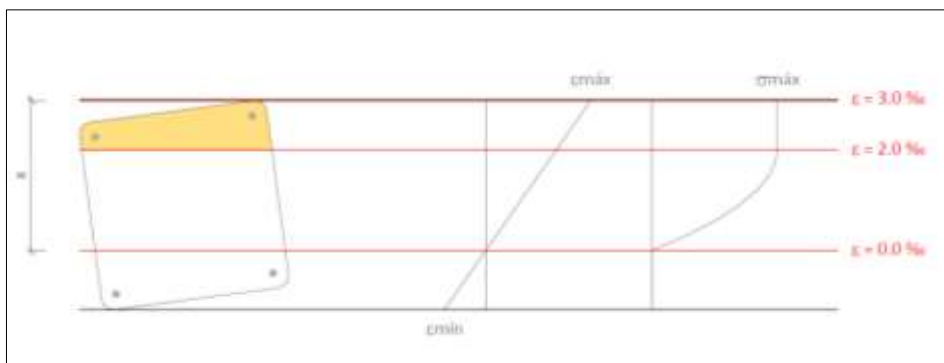
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 79 Diagrama de equilibrio de la sección



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 80 Sección sin reforzar



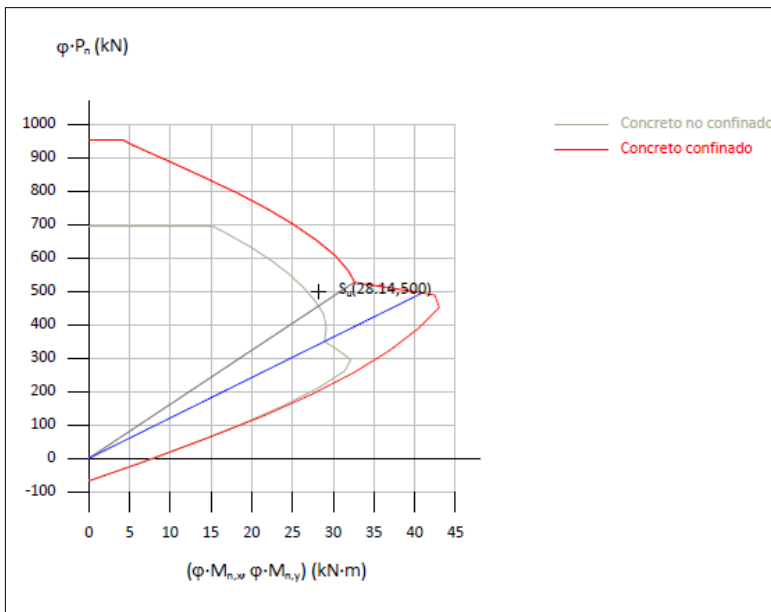
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Tabla 14 Tensión y deformación de los refuerzos

Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 10	105	105	240.00	2.68
No. 10	105	-105	-89.83	-0.45
No. 10	-105	-105	-173.11	-0.87
No. 10	-105	105	240.00	2.26

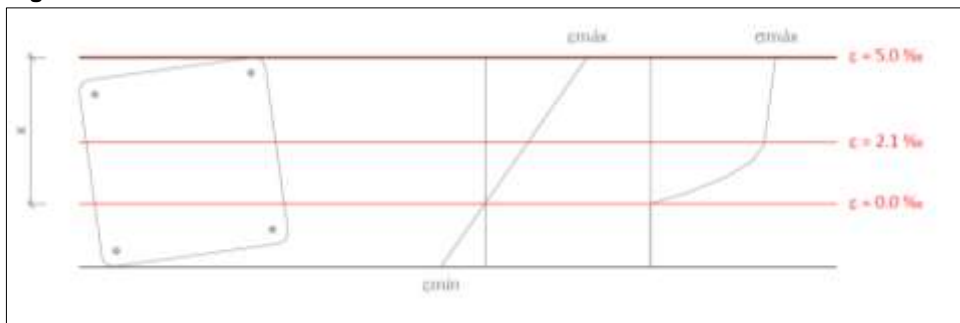
Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 81 Sección reforzada con cargas previstas mayoradas



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 82 Gráfico de sección reforzada



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

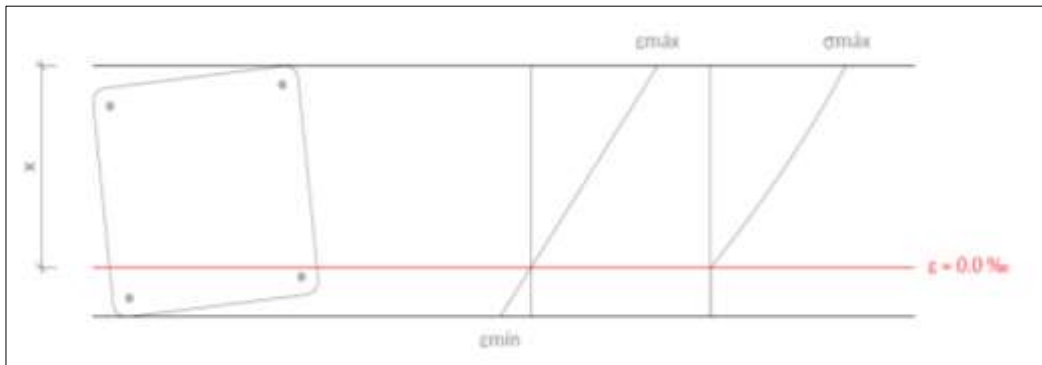
Deformación máxima y mínima $\epsilon_{\text{máx}} = 2.99 \text{ ‰}$ $\epsilon_{\text{mín}} = -1.17 \text{ ‰}$ Tensión máxima en el hormigón $f_c = 20.40 \text{ MPa}$ Profundidad de la fibra neutra $x = 198.74 \text{ mm}$

Tabla 15 Tensión y deformación de los refuerzos

Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 10	105	105	240.00	4.42
No. 10	105	-105	-170.51	-0.85
No. 10	-105	-105	-240.00	-1.58
No. 10	-105	105	240.00	3.70

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 83 Sección reforzada bajo cargas de servicio



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Deformación máxima y mínima

$$\text{máx} = 0.75 \text{ ‰}$$

$$\text{mín} = -0.18 \text{ ‰}$$

Tensión máxima en el hormigón $f_c = 12.61 \text{ MPa}$

Profundidad de la fibra neutra $x = 218.78 \text{ mm}$

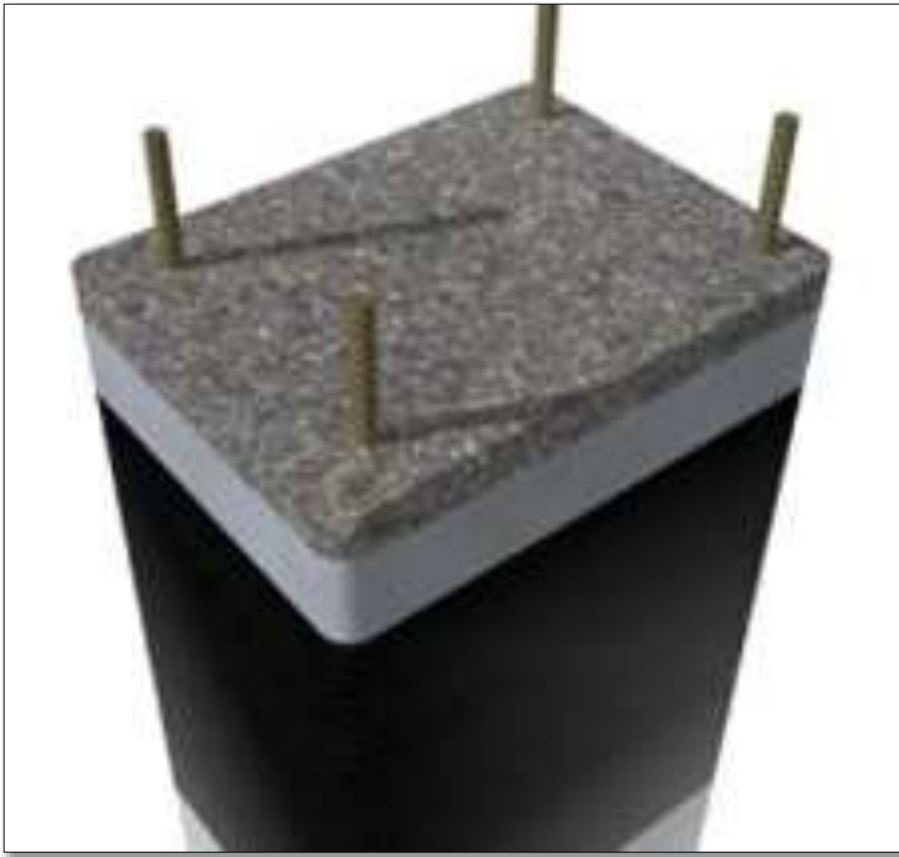
Tabla 16 Tensión y deformación de los refuerzos

Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	s (‰)
No. 10	105	105	135.47	0.68
No. 10	105	-105	-7.07	-0.04
No. 10	-105	-105	-22.96	-0.11
No. 10	-105	105	119.59	0.60

Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Los resultados previos dictamina que el refuerzo a utilizar es de capas de SikaWrap® 600C WV - 50 cm, Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-300

Figura 84 Reforzamiento de columna con tejido de fibra de carbono



Elaborado por: Lambert y Mendez, (2023)

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

- 2 capas de SikaWrap® 600C WV - 50 cm

4.2.2 Especificación de Producto

4.2.2.1 Tejidos SikaWrap® Adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-300. Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión. El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

CONCLUSIONES

- En referencia al primer objetivo específico se puede concluir que la iglesia Stella Maris presenta vulnerabilidad significativa ante posibles eventos sísmicos debido a factores como su ubicación geográfica, el tipo de suelo en el área y la antigüedad de su construcción. De igual forma, la presencia de una estructura vulnerable es un riesgo para la comunidad en una zona densamente poblada que implica un riesgo potencial para la seguridad y la vida de los feligreses y la comunidad en general. Es por esto que se tomó de referencia datos acelerógrafos del Instituto Geofísico con la finalidad de obtener resultados de la dinámica sísmica de la edificación por la zona donde se encuentra ya que, el análisis de vulnerabilidad ha dejado en evidencia la necesidad de llevar a cabo acciones de reforzamiento estructural para mejorar la resistencia sísmica de la iglesia y minimizar los posibles daños ante un terremoto.

- En referencia al segundo objetivo específico, se puede concluir que la evaluación de las condiciones de irregularidad basado en las normas de construcción sismo resistentes, para garantizar que la edificación sea capaz de resistir los efectos de eventos sísmicos de menor y mayor magnitud, estas establecieron lineamientos y criterios estructurales que sean óptimas durante sismos ya que las condiciones de irregularidad son considerados factores importantes que pueden afectar su capacidad de resistencia sísmica.

- De acuerdo, al tercer objetivo la aplicación mediante fibra de carbono por su alta resistencia y ligereza, siendo un producto en desarrollo, esta lámina es aplicada a la superficie de la estructura a reforzar y se adhieren mediante un proceso que debe ser realizado por profesionales experimentados y con conocimiento en la aplicación de la técnica.

- En conclusión de la propuesta de refuerzo estructural se basó en estructuras de vigas y columnas con tejido y/o polímero de fibra de carbono ya que al utilizarlo garantiza la integridad y la durabilidad de la estructura sin comprometer su valor histórico y estético. Así mismo, la implementación de medidas de reforzamiento requerirá una inversión significativa, será necesario buscar fuentes de financiamiento gubernamentales como privadas y una vez implementadas será esencial establecer un programa de supervisión y seguimiento que regule satisfactoriamente para garantizar la efectividad a lo extenso del tiempo.

RECOMENDACIONES

- Debido a la poca información de las estructuras es recomendable que se realice una evaluación detallada de la estructura incluyendo inspecciones visuales; estudios de planos y registros históricos para comprender su composición, materiales utilizados y su estado actual.

- Realizar un estudio de amenaza sísmica especificado para la zona donde se encuentra la iglesia para determinar las fuerzas y aceleraciones sísmicas a las que podría estar expuesta la estructura. Es preciso, identificar y evaluar las posibles debilidades y áreas vulnerables de la iglesia frente a eventos sísmicos, como deficiencia en los elementos estructurales, conexiones inadecuadas o falta de resistencia ante las fuerzas laterales.

- Desarrollar propuestas de refuerzo estructural adecuadas que se adapten a las características específicas de la iglesia. Esto puede incluir el uso de técnicas modernas de ingeniería sísmica que cumplan de normativas y códigos de construcción para garantizar la seguridad y resistencia de la iglesia ante eventos sísmicos.

- Planificar un plan de contingencia y evacuación para proteger a las personas y bienes en caso de un terremoto y también establecer un programa de monitoreo y mantenimiento a largo plazo para asegurar que la iglesia continúe siendo segura y funcional después de las intervenciones.

- Se recomienda contar con la asesoría de expertos y profesionales calificados para llevar a cabo el análisis de vulnerabilidad sísmica y el diseño del refuerzo estructural para esta iglesia arquitectónica que brinden resultados óptimos para beneficio de la misma y sus feligreses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias

- Albán C y Robles J. (2023). *Diseño de habitáculo móvil transformable para situaciones emergentes en el Ecuador*. dspace.ucacue.edu.ec: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13873>
- Altamirano H y Oblitas M. (2022). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del sector San Camilo aplicando Benedetti-Petrini e Indeci*. Repositorio Universidad Cesar Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/93424>
- Alvarez J y Pulgar X. (30 de Agosto de 2019). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del triunfo mediante el método Índice de vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales*. Repositorio Universidad peruana de ciencias aplicadas: <http://hdl.handle.net/10757/626377>
- Anchivilca, R. (2021). *Métodos de cálculo de la magnitud de momento sísmico*. unmsm.edu.pe: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16573/Anchivilca_vr.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Antepara C y Velásquez G. (Abril de 2019). *Estudio comparativo de vulnerabilidad sísmica de un edificio de 4 niveles, con vigas chatas, ubicados en la ciudad de Machala y la ciudad de Guayaquil*. Facultad de ciencias matemáticas y físicas: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45267>
- Apolo, C. (Octubre de 2020). *Aplicación de la transformada wavelet para generar acelerogramas artificiales compatibles con el espectro de diseño sísmico de la NEC-15*. Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21180>
- Arroyo, J. (2021). *Efectos de tubos embebidos en vigas de concreto en edificaciones estructurales de la ciudad de Huancayo*. repositorio.upla.edu.pe: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/4606>
- ASCE. (2017). *American Society of Civil Enginners*. drive.google.com: <https://drive.google.com/file/d/1fE-VHQGKAUYEm6ExMQPfKhxH91Dgk5kw/view>
- Campos, M. (2019). *Diseño de reforzamiento de columnas y vigas, con la técnica del encamisado y el comportamiento estructural de una vivienda, Distrito de Puente Piedra*. Repositorio Universidad Privada del Norte: <https://hdl.handle.net/11537/21249>
- Carreón, C. (Julio de 2021). *Método para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificios de concreto reforzado en México*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/14682>
- Casas A y Stewart A. (09 de enero de 2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porre*. repositorioacademico.upc.edu.pe: <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.19083/tesis/648665>

- Cevallos J y Caiza J. (Septiembre de 2022). *Análisis de vulnerabilidad sísmica y medición de vibraciones en losas de entrepiso para el reforzamiento estructural del edificio del centro de idiomas campus Huachi Chico de la Universidad Técnica de Ambato*. repositorio.uta.edu.ec: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35904>
- Chancay, A. (enero de 2020). *Estudio estadístico de la peligrosidad sísmica del Ecuador mediante la teoría de valores extremos*. dspace.espol.edu.ec: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/48894>
- Del Carpio F et al. (2023). *Vulnerabilidad sísmica y aplicación de un modelo de gestión de procesos*. UNC. http://uni-contestado-site.s3.amazonaws.com/site/biblioteca/ebook/FABRIZIO_DEL_CARPIO_VULNERABILIDAD_SISMICA.pdf
- Designs. (s.f.). *Pinterest*. pinterest.com: <https://co.pinterest.com/jkafanador/reforzamiento-estructural/>
- Díaz, A. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la Iglesia Belén de la ciudad de Cajamarca-2017*. <https://hdl.handle.net/11537/21249>
- Ecuador, C. d. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- El Universo. (1981). Esfuerzo. *La iglesia del Guasmo*.
- Espíndola V y Pérez X. (2018). ¿Qué son los sismos, dónde ocurren y cómo se miden? *Ciencia*, 69(3), 8.
- Estrada K y Vivanco N. (27 de Junio de 2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y diseño del reforzamiento de una vivienda de tres pisos ubicada en el norte de Quito-Ecuador*. Repositorio Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20314>
- Formulario de Google. (Julio de 2023). Análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento de la iglesia Stella Maris ubicada en el Guasmo Sur en la ciudad de Guayaquil. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- García L et.al. (2021). Análisis estructural y propuesta de reforzamiento del edificio de Facultad de Ciencias Humanísticas de la Universidad Técnica de Manabí. *Riemat*, 1, 11.
- Geoplaneta. (s.f.). *Qué es el cinturón de fuego del Pacífico*. Retrieved 29 de Mayo de 29, from geoplaneta.net: <https://geoplaneta.net/que-es-el-cinturon-de-fuego-del-pacifico/>
- González, H. (2019). La Olimpiada XXIV de Ciencias de la Tierra: Los grandes terremotos en México. *Geos*, 39(1), 21.
- Google maps. (2015). *Google maps*. Retrieved 29 de Mayo de 2023, from Google: https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=iglesia+stella+maris&npsic=0&rflfq=1&rldoc=1&rllag=-2268432,-79895711,115&tbm=lcl&sa=X&ved=2ahUKEWjAmeXyiZv_AhVqZjABHTT6AwU

QtgN6BAgOEAE&biw=1366&bih=643&dpr=1#rifi=hd::si:17140196563791711456,
l,ChRpZ2xlc2

Gualotuña, E. (2022). *Manual de procesos para reforzamiento de Hormigón Armado con aplicaciones de acero*. [http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/29325/1/UCF-FING-CPO-GUALOTU%
c3%91A%20EDWIN.pdf](http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/29325/1/UCF-FING-CPO-GUALOTU%c3%91A%20EDWIN.pdf)

Huaitalla, J. (14 de Marzo de 2023). *Evaluación de las alternativas de reforzamiento estructural con fibras de carbono o encamisado de concreto armado mediante la comparativa resistencia y costo de las columnas del centro comercial A, en Lima Metropolitana*. Repositorio académico UPC: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/667579>

Huamán, F. (2019). *Evaluación de la amenaza sísmica y estructuras sismogénicas para la ciudad de Esmeraldas, costa norte del Ecuador*. [cybertesis.unmsm.edu.pe:
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10450](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10450)

Huaytalla E y Viñas M. (2022). *Análisis comparativo de estructuras empleando método de encamisado y aplicación Sikawrap-600c en edificaciones de cuatro niveles, San Juan de Lurigancho-2022*. repositorio.ucv.edu.pe: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/102312>

IGEPN. (2023). *Instituto Geofísico*. [igepn.edu.ec: https://www.igepn.edu.ec](https://www.igepn.edu.ec)

Imaginario Social. (2021). *El Patrimonio religioso y cultural: La iglesia de Balbanera*. *Imaginario Social*, 10.

Ingemmet. (Noviembre de 2021). *Fallas geológicas: El origen de los terremotos*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, INGEMMET: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3610>

Instituto Geofísico . (2023). *Peligro sísmico* . Quito.

Instituto Geofísico-EPN. (2023). *Instituto Geofísico*. [igepn.edu.ec: https://www.igepn.edu.ec/](https://www.igepn.edu.ec/)

Julber, P. (Abril de 2021). *Identificación de las fallas y Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada ubicadas en el A.H La Primavera III-etapa, Distrito de Castilla, Provincia y Departameno de Piura*. Repositorio Universidad de Piura: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2717/CIV-PAD-ROD-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lizano, O. (2021). *Análisis del plan construcción y proceso constructivo del puente tipo cercha para paso elevado sobre río Aguacaliente ejecutado por Constructra MECO*. Repositorio TEC: file:///C:/Users/User/Downloads/TF9010_BIB303709_Oscar_Lizano_Gutierrez.pdf

Loja W et al. (2019). *Vulnerabilidad sísmica de viviendas populares asentadas en cerros y en el Sur de la Ciudad de Guayaquil*. Repositorio Escuela Superior Politécnica del Litoral: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51469>

Malavé, J. (2022). *Análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de la Parroquia Manglaralto del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena*. Repositorio

Universidad Estatal Península de Santa Elena:
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8439>

Marca J y Rojas E. (2021). *Análisis comparativo de 2 tipos de refuerzos estructurales para la Institución Educativa n 4460 Cesar Cohaila Tamayo en el departamento de Tacna*. repositorio.urp.edu.pe: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4771>

Ministerio de Cultura y Patrimonio. (2019). INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL: <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/instituto-nacional-de-patrimonio-cultural/>

Morán, J. (15 de enero de 2019). *Implantación de la fibra de carbono en Arquitectura*. oa.upm.es: <https://oa.upm.es/54454/>

Nec. (2015). *Diseño sismo resistente*. habitatyvivienda.gob.ec: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>

Nec. (2015). *Nec. Peligro sismico Diseño Sismo Resistente*: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>

NEC. (2015). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. PELIGRO SISMICO-DISEÑO SISMO RESISTENTE*: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>

Normativa técnica de bienes inmuebles patrimoniales. (2019). <https://www.gob.ec/regulaciones/dm-2020-063-norma-tecnica-inventario-declaratoria-delimitacion-desvinculacion-perdida-calidad-bienes-inmuebles-patrimoniales>

Novacero. (s.f). *Varilla Microaleada*. novacero.com: https://www.novacero.com/varilla.microaleada/docs/NOVACERO_VARILLA_CATALOGO.pdf

Nuñez, J. (2009). *La misión en el Guasmo de Guayaquil*. Arquidiócesana Justicia y Paz.

Paredes, H. (2022). *Reforzamiento con encamisado de concreto armado en el comportamiento estructural de una vivienda multifamiliar Distrito del Tambo-Huancayo*. Repositorio Universidad Peruana de los Andes: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4511>

Parreño I y Solís A. (2019). *Evaluación de eficiencia energética en las comunicaciones encriptadas de una red de sensores inalámbricos (WSN) que monitoriza ondas sísmicas*. epoch.edu.ec: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/11004>

Perez y Auquilla. (2022). *Estudio comparativo sobre el comportamiento de columnas y vigas de hormigón armado con y sin reforzamiento de fibra de carbono, de una estructura existente*. Repositorio Universidad del Azuay: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12369/1/17896.pdf>

- Pozo, G. (2021). *Análisis y determinación del periodo fundamental del suelo en función de la velocidad de onda sísmica y su correlación con la estructura*. dspace.ucacue.edu.ec: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11592>
- Prism. (2023).
- Rodriguez, J. (2019). *Estudio de peligro sísmico determinista para las estructuras del Cantón Ambato-Sector Huachi Loreto-Barrio el Buen Pastor*. Repositorio Universidad técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30443>
- Roman, W. (2022). *Instalación e implementación de una caseta acelerográfica para el registro, procesamiento, análisis y correlación de parámetros de señales sísmicas en Ucayali*. unu.edu.pe: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5893>
- Rosell, A. (Mayo de 2021). *La fibra de carbono más allá del refuerzo estructural*. upcommons.upc.edu: <http://hdl.handle.net/2117/343558>
- Sanchez I y Pacheco R. (Junio de 2019). *Sismografo de péndulo invertido con encoder infrarrojo*. tesis.ipn.mx: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/28050>
- Sierra, F. (Junio de 2022). *Modelo de aceptación de elementos estructurales prefabricados en la industria de la construcción*. pucp.edu.pe: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/22881>
- Sika. (Julio de 2019). *Hojas de datos del producto*. per.sika.com: https://per.sika.com/content/dam/dms/pe01/1/sikawrap_-600_c.pdf
- Sika. (Enero de 2020). Método de ejecución. *ecu.sika.com*.
- Socorro, E. (Mayo de 2022). *Refuerzo sísmico de un edificio mediante el encamisado de los marcos*. bibliotecavirtual.dgb.umich.mx: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/7836
- Suquillo B et al. (2022). Implementación de un Software para el Diseño de Anclajes en Vigas y Columnas de Estructuras Metálicas. *Investigación y desarrollo*, 18. <https://doi.org/https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1803>
- Tapia, J. (Agosto de 2019). *Evaluación de las propiedades de amortiguamiento de materiales fabricados por impresión 3D y reforzados con nanotubos y fibras de carbono*. tesis.pucp.edu.pe: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15674>
- Tudela, M. (octubre de 2022). *Análisis comparativo entre el encamisado de concreto armado y el uso de CFRP como métodos de reforzamiento estructural en columnas*. tesis.pucp.edu.pe: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/23914>
- Universidad Laica Vicente Rocafuerte. (2023). *ULVR*. Retrieved 29 de Mayo de 2023, from <https://www.ulvr.edu.ec>: <https://www.ulvr.edu.ec/academico/unidad-de-titulacion/proyecto-de-investigacion>
- Valencia, G. (s.f). Sismógrafos y acelerógrafos.
- Vargas, J. (2021). *Análisis de instrumentación sísmica y propuesta de mejora preventiva comparado con los países del cinturón de fuego del Pacífico, Tacna*. repositorio.upt.edu.pe:

<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2017/Vargas-Vargas-Jose.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Verduzco, E. (22 de noviembre de 2021). *linkedin.com*. ¿Qué es la fibra de basalto?: <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-la-fibra-de-basalto-edgar-verduzco>

Vidal et al. . (09 de junio de 2023). *Análisis y evaluación del uso de fibra de basalto en el concreto para mejorar la resistencia a la corrosión de estructuras sumergidas en las zonas marinas de Pisco*. repositorioacademico.upc: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653691/Lino_VD.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Zamora G et al. (21 de Agosto de 2023). *Consideraciones sobre la vulnerabilidad del patrimonio arquitectónico. Estudio de caso: la iglesia de El Sagrario, Cuenca, Ecuador*. *revistaintervencion.inah.gob.mx*: <https://doi.org/10.3989/ic.90666>

Zapata, J. (octubre de 2020). *Grouts base cemento portland mejorados con fibras de basalto para relleno de ductos de concreto postensado*. <http://eprints.uanl.mx: http://eprints.uanl.mx/25536/1/1080328880.pdf>

Zarate A et al. (2023). *Caracterización Geofísica del subsuelo de las estaciones acelerográficas de la red nacional de acelerógrafos (RENAC) ubicadas en Chimborazo y Bolívar*. unach.edu.ec: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10596>

ANEXOS

Figura 85 Reunión de directivas barriales



Fuente: El Universo, (1981)

Figura 86 Visita del Monseñor Olindo a las viviendas alrededor de la Iglesia



Fuente: El Universo, (1981)

Figura 87 Visita al museo del Monseñor Olindo para fines investigativo



Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 88 Visita de observación para conocer el estado actual de la iglesia



Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 89 Columnas v puertas principales



Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 90 Columnas de gran dimensión



Tomado por: Lambert y Mendez (2023)

Figura 91 Medidor láser de distancias



Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 92 Efectos de sismo 2016



Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 93 Efectos de réplicas sísmicas



Tomado por: Lambert y Mendez, (2023)

Figura 94 Plantilla del formulario de Google

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA STELLA MARIS UBICADO EN EL GUASMO SUR DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

En el presente proyecto se plantea el análisis de vulnerabilidad sísmica y dos propuestas de reforzamiento que corresponden a la aplicación de fibra de carbono o encamisado de acero a las estructuras de vigas y columnas para mejorar la ductilidad de la edificación analizada, frente a un evento sísmico.

lmendezm@ulvr.edu.ec [Cambiar de cuenta](#)



No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

Fuente: Formulario de Google, (2023)

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc7iATyiSVQiFFucepoY_-eaU710S6GQcRWpp83kXvH45G8cA/viewform

