



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE
DESASTRES**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS EN
EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, SOCIALES,
FILOSÓFICAS Y HUMANÍSTICAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
(UEB), EN EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2024”**

AUTORES:

**REINOSO TORRES EDWIN ELIAN
ZURITA GUAMARICA JOSELIN MARILU**

DIRECTOR

Ing. Gino Alonso Noboa Flores

**GUARANDA – ECUADOR
2024**

TEMA

“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS EN EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, SOCIALES, FILOSÓFICAS Y HUMANÍSTICAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR (UEB), EN EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2024”

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por darme salud, vida y perseverancia, a mis padres por apoyarme en todo momento, a pesar de la distancia nunca dejaron de estar pendientes de mí.

Agradezco a mis hermanas Ruth, Tatiana, y mi hermano Frans por apoyarme, y a pesar de la distancia nunca, dejarme solo y brindarme su apoyo y ánimos para poder superar todo.

Agradezco a mis docentes, en especial al Ing .Gino Noboa por los conocimientos impartidos y las experiencias vividas, en la Universidad, sus apoyos y consejos me ayudaron a superar las barreras del conocimiento, motivándome a siempre buscar más cosas y perseguir mis sueños.

A mis amig@s de la Universidad, sin ellos la parte foránea hubiese sido aburrida, y sin anécdotas, hoy me llevo insuperables historias que voy a poder contar con alegría, los recordare con aprecio y respeto.

Edwin Elian Reinoso Torres

Agradezco a Dios por haberme brindado salud y guiado a lo largo de este camino, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad, permitiéndome cumplir esta meta en mi vida.

A mis padres Lilian Guamarica y Geovany Zurita, quienes hicieron todo para poder darme el estudio, por su amor, trabajo y sacrificio de cada día, por los consejos y palabras de aliento y motivación, mismas que me inspiraron cada día para poder seguir y no rendirme, a mi hermana Valeria y hermanos Cristhian y Daniel, quienes fueron mi mayor motivación, para superar cada obstáculo y ser un buen ejemplo para ellos.

A una persona especial quién me ayudó y motivó con cada una de sus palabras y sobre todo me enseñó a no perder la Fé en Dios, estuvo en mis días más difíciles, acompañándome en cada una de las etapas de mi vida. A mi familia quienes me apoyaron con un granito de arena, para poder lograr esta meta.

Agradezco también, a los docentes de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastre de la Universidad Estatal de Bolívar, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación profesional, de manera especial, al tutor Ing. Gino Noboa quién nos brindó su conocimiento y tiempo.

Joselin Marilu Zurita Guamarica

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación le dedico a Dios, por darme la voluntad y fuerza para seguir adelante, y brindarme la salud para poder dedicar esta tesis a mis padres (Ruth Torres y Patricio Reinoso), quienes me han enseñado que nada en la vida es fácil, y que hay que buscárselas para poder obtener lo que uno quiera, gracias papás por qué por ustedes hoy estoy logrando un objetivo más y este logro es de ustedes también, a mi hermana mayor Ruth Patricia, por estar en cada momento, quien me demostró que en las buenas y malas siempre esta, a mi hermana menor Tatiana, que vea en mí que a pesar de las adversidades las metas no se abandonan y que se puede lograr todo con esfuerzo y apoyo, a mis abuelos en especial a mi abuelito Jacinto Reinoso, quien nunca perdió las esperanzas y siempre me alentó a terminar mi carrera, a Gislainne y familia por el apoyo y cariño que recibí, a mis mejores amigos Allem y Daniel, por cada una de las aventuras que hemos tenido, y cada una de las chumas que nos pegamos, a mi familia por todo su apoyo.

Edwin Elián Reinoso Torres

A Dios, mi fuerza y mi refugio, quién nunca me dejó sola y su presencia me sostuvo en cada paso, su amor y guía fueron mi mayor fortaleza y en él deposito cada logro y sueño.

A mis queridos padres Lilian Guamarica y Geovany Zurita, quienes me enseñaron a soñar y luchar por mis metas, su amor, sus palabras, su apoyo incondicional han sido una bendición inmensa en mi vida. Gracias mamá y papá por confiar en que llegaré muy lejos y por darme el regalo más valioso: Conocer a Dios.

A mis hermanos, Cristhian y Daniel y a mi hermana Valeria, por el apoyo y motivación que me proporcionaron en los días difíciles.

Joselin Marilu Zurita Guamarica

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.

Guaranda, 31 de enero de 2025.

El suscrito Ingeniero Gino Alonso Noboa Flores, Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS EN EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, SOCIALES, FILOSÓFICAS Y HUMANÍSTICAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR (UEB), EN EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2024”; realizado por los señores: **Edwin Elian Reinoso Torres y Joselin Marilu Zurita Guamarica** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



Firmado electrónicamente por:
GINO GUILLERMO
ALONSO NOBOA FLORES

ING. GINO ALONSO NOBOA FLORES

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Reinoso Torres Edwin Elian y Zurita Guamarica Joselin Marilu portador/res de la Cédula de Identidad No 1900775634 y 0202274437 en calidad de autor/res y titular / es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS EN EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, SOCIALES, FILOSÓFICAS Y HUMANÍSTICAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR (UEB), EN EL PERIODO SEPTIEMBRE – DICIEMBRE 2024**, modalidad, proyecto de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Edwin Elian Reinoso Torres

Joselin Marilu Zurita Guamarica



Elián Reinoso
Zurita
1900775634



Joselin

0202274437

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	V
RESUMEN	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
ACRÓNIMOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XX
CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Preguntas de Investigación	2
1.4. Justificación	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Idea a Defender	4
1.7. Variables (Operacionalización)	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Referencial o Georreferencial	7
2.2. Antecedentes	8

2.3. Bases teóricas.....	11
2.3.1. Vulnerabilidad estructural.....	11
2.3.2. Patologías Estructurales	12
2.3.2.1. Fisura.....	12
2.3.2.2. Grietas	13
2.3.2.3. Humedad.....	13
2.3.3. Normas de Construcción.....	13
2.3.3.1. NEC 2015.....	13
2.3.3.2. Procedimiento de Inspección Visual Rápida (PIVR) FEMA P-154 2015	14
2.3.3.2.1. Esquema estructural en planta y elevación de la edificación.....	15
2.3.3.2.2. Fotografía.....	15
2.3.3.2.3. Datos de la edificación.....	16
2.3.3.2.4. Datos del profesional.	16
2.3.3.2.5. Datos de construcción.....	16
2.3.3.2.6. Datos de Ocupación.....	16
2.3.3.2.7. Datos de Tipo de Suelo.	17
2.3.3.2.8. Datos de Riesgos Geológicos.....	17
2.3.3.2.9. Datos de adyacencia.....	18
2.3.3.2.10. Datos de Irregularidades.	18
2.3.3.2.11. Datos de Peligro de Caída Exteriores.	24
2.3.3.2.12. Tipología del Sistema Estructural	24
2.3.3.2.13. Puntajes Básicos, Modificadores y Puntaje Final Nivel 1, SI1	32
2.3.3.2.14. Modificadores	33

2.3.3.2.15. Irregularidades	36
2.3.3.2.16. Código de construcción.....	36
2.3.3.2.17. Tipo de suelo.....	37
2.3.3.2.18. Puntaje Final, S y Grado de Vulnerabilidad Sísmica.....	37
2.3.4. Tipo de Construcción.....	38
2.3.4.1. Hormigón Armado.....	38
2.3.5. Sismos	39
2.3.5.1. Escalas de Mediciones Richter y Mercalli.....	39
2.3.5.2. Tipo de Sismos.....	40
2.3.5.3. Ondas Sísmica.....	40
2.3.5.4. Ondas Internas	40
2.3.5.5. Efectos de los Sismos en las Infraestructuras	41
2.3.5.6. Fallas Geológicas.....	41
2.3.6. Cypecad.....	42
2.3.6.1. Comportamiento Estructural.....	43
2.3.6.2. Cargas de la Edificación	43
2.3.6.3. Periodo de Vibración	44
2.3.6.4. Torsión.....	44
2.3.6.5. Modos de Vibración.....	44
2.4. Marco Legal.....	45
2.4.1. Constitución de la República del Ecuador	45
2.4.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción	47
2.5. Marco Conceptual.....	49

CAPITULO III. METODOLOGÍA	52
3.1. Tipo de Investigación.....	52
3.1.1. Investigación Descriptiva.....	52
3.1.2. Investigación de Campo.....	52
3.2. Enfoque de la Investigación.....	53
3.2.1. Enfoque Cualitativo	53
3.2.2. Enfoque Cuantitativo	53
3.3. Métodos de Investigación	54
3.3.1. Método Cualitativo	54
3.3.2. Método Cuantitativo	54
3.3.3. Ensayo del Esclerómetro.....	55
3.3.4. Software CYPECAD	55
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos.....	56
3.4.1. La técnica e instrumento que se utilizó para el objetivo 1	56
3.4.2. Las técnicas e instrumentos que se utilizaron para el objetivo 2	56
3.4.3. La técnica e instrumento que se utilizó para el objetivo 3	56
3.5. Universo, Población y Muestra.....	57
3.6. Técnicas de Análisis y Procesamiento de la Información	57
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados.....	59
4.1.1. Resultado del objetivo 1.....	59
4.1.2. Resultado del objetivo 2.....	74

4.1.3. Resultados del Objetivo 3	127
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
Conclusiones.....	130
Recomendaciones	132
Bibliografía.....	134
ANEXOS	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operalización de variables dependiente e independiente.	5
Tabla 2 Tipología del sistema estructural.	24
Tabla 3 Puntajes Básicos, Modificadores y Puntaje Final Nivel 1 SL1.	32
Tabla 4 Modificadores para las diferentes tipologías del sistema estructural.....	33
Tabla 5 Puntaje Mínimo y puntaje Final.....	38
Tabla 6 Puntaje Mínimo y puntaje Final.....	72
Tabla 7 Características Equipo Esclerómetro.	77
Tabla 8 Resultados de las lecturas o rebotes tomados.	77
Tabla 9 Promedio de las lecturas del esclerómetro.....	78
Tabla 10 Valores que difieren de ± 6 según la Norma INEN 3121.	79
Tabla 11 Resultados de la resistencia del hormigón.....	80
Tabla 12 Resultado del índice de corrección.	81
Tabla 13 Margen de error por cada grupo de lectura.....	82
Tabla 14 Resistencia del hormigón columna eje D-1.	83
Tabla 15 Resistencia del hormigón columna eje B-1.	84
Tabla 16 Resistencia del hormigón columna eje A-1.	85

Tabla 17 Resistencia del hormigón columna eje A-2.	86
Tabla 18 Resistencia del hormigón columna eje B-5.	87
Tabla 19 Resistencia del hormigón columna eje D-5.	88
Tabla 20 Resistencia del hormigón, viga eje -1.	89
Tabla 21 Resistencia del hormigón, viga eje -A.	90
Tabla 22 Promedio total de columnas de la planta baja.	91
Tabla 23 Promedio total de vigas de la planta baja.	91
Tabla 24 Parámetros para la acción sísmica.	98
Tabla 25 Propuesta de medidas de reforzamiento estructural ante una amenaza sísmica.	127

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICAS/IMÁGENES

Figura 1 <i>Ubicación de la zona de estudio.</i>	8
Figura 2 <i>Irregularidad vertical: Irregularidad geométrica.</i>	18
Figura 3 <i>Irregularidad vertical: Irregularidad por ubicación.</i>	19
Figura 4 <i>Irregularidad vertical: Piso débil.</i>	19
Figura 5 <i>Irregularidad vertical: Columna corta o larga.</i>	20
Figura 6 <i>Irregularidad vertical.</i>	20
Figura 7 <i>Irregularidad vertical: adiciones.</i>	21
Figura 8 <i>Irregularidad en planta: configuración en planta.</i>	21
Figura 9 <i>Irregularidad en planta.</i>	22
Figura 10 <i>Irregularidad en planta: ejes estructurales no paralelos.</i>	23
Figura 11 <i>Irregularidad en planta: adiciones.</i>	23
Figura 12 <i>Tipo de sistema estructural: Madera (W1).</i>	26
Figura 13 <i>Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero laminado (S1).</i>	26

Figura 14 Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero laminado con diagonales (S2).	27
Figura 15 Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero doblado en frío (S3).	27
Figura 16 Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero laminado con muros estructurales. ...	28
Figura 17 Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero con paredes de mampostería (S5).	28
Figura 18 Tipo de sistema estructural: Mampostería sin refuerzo (URM).	29
Figura 19 Tipo de sistema estructural: Pórticos de hormigón armado (C1).	29
Figura 20 Tipo de sistema estructural: Pórticos de hormigón armado (C1).	30
Figura 21 Tipo de sistema estructural: (C2).	30
Figura 22 Tipo de sistema estructural: Hormigón armado prefabricado (PC).	31
Figura 23 Medidas para la toma de muestras con el esclerómetro.	76
Figura 24 Promedios de columnas esclerómetro.	92
Figura 25 Promedios de vigas con base al esclerómetro.	93
Figura 26 Vista frontal de la Facultad de Educación.	94
Figura 27 Ventana de entrada de datos generales en el software CYPECAD.	96
Figura 28 Normativa para el cálculo de acción sísmica.	97
Figura 29 Espectro de diseño.	98
Figura 30 Datos de introducción de plantas.	99
Figura 31 Ingreso de cargas vivas y muertas.	100
Figura 32 Muestra de ingreso de pilares en el software.	101
Figura 33 Ingreso de medidas de vigas de cimentación.	102
Figura 34 Medidas de las vigas laterales y verticales del edificio.	102
Figura 35 Vigas de soporte dentro del sistema estructural sin apoyo en columnas.	103
Figura 36 Introducción de losa de hormigón armado alivianada.	104

Figura 37 <i>Muestra de los paños o losas ingresadas en el software.</i>	104
Figura 38 <i>Introducción de la escalera en el software.</i>	105
Figura 39 <i>Definición de medidas de los escalones.</i>	106
Figura 40 <i>Visualización en 3D del edificio.</i>	107
Figura 41 <i>Modos de vibración del edificio.</i>	108
Figura 42 <i>Leyenda de los coeficientes de participación.</i>	109
Figura 43 <i>Espectros de diseño en X y Y.</i>	110
Figura 44 <i>Periodos de vibración en XI y YI.</i>	110
Figura 45 <i>Excentricidades de cada planta.</i>	111
Figura 46 <i>Leyenda de los coeficientes de excentricidad por cada planta.</i>	111
Figura 47 <i>Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta.</i>	112
Figura 48 <i>Cortante dinámico CQC.</i>	113
Figura 49 <i>Leyenda de la cortante dinámico CQC.</i>	113
Figura 50 <i>Resultados del corte basal elástico.</i>	114
Figura 51 <i>Valores del periodo de vibración según la norma NEC,2014.</i>	115
Figura 52 <i>Valores del desplazamiento de pilares según la norma NEC, 2014.</i>	115
Figura 53 <i>Desplome local, total de pilares.</i>	116
Figura 54 <i>Torsión en el Modo 1 (X).</i>	117
Figura 55 <i>Torsión en el modo 2 (Y).</i>	117
Figura 56 <i>Visualización de la estructura del edificio junto con la cubierta de madera.</i>	118
Figura 57 <i>Medidas y diseño de la cubierta de madera.</i>	118
Figura 58 <i>Cubierta del edificio en AutoCAD.</i>	119
Figura 59 <i>Datos generales de la cubierta de madera.</i>	120

Figura 60 <i>Ingreso de datos en la Normativa para el cálculo de la acción sísmica.</i>	121
Figura 61 <i>Ingreso de la categoría de uso de la cubierta.</i>	122
Figura 62 <i>Introducción de cargas en la cubierta de madera.</i>	122
Figura 63 <i>Tipo de perfil, genérico con comportamiento lineal de madera.</i>	123
Figura 64 <i>Vínculo con el exterior del punto fijo seleccionado articulación.</i>	124
Figura 65 <i>Creación de puntos fijos en la cubierta.</i>	124
Figura 66 <i>Introducción de paños en la cubierta de madera.</i>	125
Figura 67 <i>Cálculo de la estructura, con acción sísmica.</i>	126

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cronograma (Gantt).	143
Anexo 2 Presupuesto Ejecutado en el Trabajo de Titulación.	144
Anexo 3 Formulario aplicado de datos esclerométricos.....	145
Anexo 4 Formulario aplicado de datos esclerométricos.....	146
Anexo 5 Oficio para la obtención del esclerómetro.	147
Anexo 6 Acta de entrega del esclerómetro.	148
Anexo 7 Oficio para hacer uso de las instalaciones.	149
Anexo 8 Inspección Visual para el cumplimiento del objetivo 1	150
Anexo 9 Dibujo del cuadro para la toma de pruebas del esclerómetro, objetivo 2.	150
Anexo 10 Preparación de la superficie estructural con la piedra abrasiva.	151
Anexo 11 Toma de muestras con el esclerómetro en los pilares.....	151

RESUMEN

La presente investigación busca determinar la vulnerabilidad estructural ante sismos en el sistema edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Estatal de Bolívar, construida en 1995, con normas de aquella época, para la primera parte de este proyecto de investigación se evaluó la vulnerabilidad, utilizando el formulario FEMA-154, mediante la inspección visual, según el índice de seguridad es de baja vulnerabilidad cuando el puntaje final es $SL1 > S_{min}$, por lo que el resultado obtenido es de 1.3, justificando el nivel de vulnerabilidad estructural, esto no quiere decir que el edificio esté libre al 100% de sufrir fallos estructurales, siendo necesario realizar pruebas de resistencia del hormigón con el uso del esclerómetro, esto ayudará a tener una idea y promedio del valor del hormigón, para proceder a utilizar el software CYPECAD, el cual ayudará a justificar la idea a defender, en la que menciona que el uso del análisis dinámico no lineal, permite tener una idea precisa del comportamiento del edificio ante un sismo, esto se da porque el software modela la estructura desde la cimentación, vigas, losas, columnas, cargas, etc. Con la aplicación de las normas de construcción actuales en el Ecuador, dando como resultados del modelamiento, existencia de torsión en la respuesta estructural de los pilares ante un sismo, cumpliendo con el valor mínimo establecido en la NEC de 1/50, con base en los análisis, se identificaron riesgos y se plantearon medidas de mitigación y reforzamiento estructural para garantizar la seguridad de estudiantes, docentes y personal administrativo.

Palabras claves: vulnerabilidad estructural, sismo, FEMA-154, esclerómetro, Cypecad, NEC 2014, falla estructural.

ABSTRACT

The present research seeks to determine the structural vulnerability to earthquakes in the building system of the Faculty of Education Sciences of the State University of Bolivar, built in 1995, with standards of that time, for the first part of this research project vulnerability was evaluated, using the FEMA-154 form, by visual inspection, according to the safety index is of low vulnerability when the final score is $SL1 > S_{min}$, so the result obtained is 1.3, justifying the level of structural vulnerability, this does not mean that the building is 100% free of suffering structural failures, being necessary to perform concrete resistance tests with the use of the sclerometer, this will help to have an idea and average of the value of the concrete, to proceed to use the CYPECAD software, which will help to justify the idea to defend, in which it mentions that the use of nonlinear dynamic analysis, allows to have an accurate idea of the behavior of the building in an earthquake, this is given because the software models the structure from the foundation, beams, slabs, columns, loads, etc, with the application of the current construction standards in Ecuador, The results of the modeling show the existence of torsion in the structural response of the pillars in an earthquake, complying with the minimum value established in the NEC of 1/50, based on the analysis, risks were identified and mitigation and structural reinforcement measures were proposed to ensure the safety of students, teachers and administrative staff.

Keywords: structural vulnerability, earthquake, FEMA-154, sclerometer, Cypecad, NEC 2014, structural failure.

ACRÓNIMOS

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

FEMA -154: Agencia Federal para el manejo de emergencias.

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

UTM: Universal Transverse Mercator.

CTE DB SE-M (España): Documento básico de seguridad estructural del código técnico de la edificación -madera.

C1 (MRF): Pórtico Hormigón Armado (marco resistente a momentos).

SL1: Puntaje final Nivel 1.

Smin: Puntaje mínimo Nivel 1.

NEC-SE-DS: Norma Ecuatoriana de la Construcción que establece los requisitos de seguridad y calidad que deben cumplir las edificaciones en caso de peligro sísmico.

INTRODUCCIÓN

Según Bungacho Pozo (2022) “Ecuador se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, mismo que se forma por la interacción entre las placas tectónicas, presentando un proceso de subducción, provocado por la acumulación y liberación de energía, generando grandes movimientos telúricos” (p. 1).

Los sismos interplaca con profundidad < 40 km, tiene que ver con sismos que se producen por la fricción entre las placas de “Nazca que subduce bajo la placa Sudamericana” alrededor de la zona de convergencia, los sismos intraplaca presentan una profundidad entre 40 y 300 km correspondiendo a los sismos de falla normal con una profundidad media, encontrados dentro de la placa oceánica de “Nazca que subduce bajo la placa continental Sudamericana”, por la cual el país presenta una acción sísmica alta. (Quinde & Reinoso, 2016, p. 9).

Ecuador según su geografía, es uno de los países que presenta altos niveles de vulnerabilidad sísmica, mismo que afecta a la gran parte de las estructuras, ya que presentan irregularidades o construcción informal sin supervisión de un profesional, por lo tanto, su nivel de desastres causado por eventos sísmicos es alto, como se vio en el terremoto de Pedernales del 2016 en Manabí, afectando en la mayoría de las edificaciones. (Bungacho Pozo, 2022, p. 1).

La provincia Bolívar al estar ubicada dentro de la región central de la Sierra ecuatoriana, presenta una geomorfología y geografía con una variedad de zonas montañosas hasta valles interandinos, a causa de su diversidad y a la presencia de zonas tectónicas activas que la expone a riesgos naturales, siendo los sismos uno de los más importantes, esto debido a los antecedentes ya provocados en algunos de sus cantones como lo es San José de Chimbo en el año 1674, lo que provocó ruinas, pérdidas humanas y casi la extinción del cantón.

La Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal De Bolívar (UEB), fue construida en 1995, antes que existiera normas propias del Ecuador, ya que en el año 2001, recién existió el denominado autoconstrucción o pre-código moderno, debido a su antigüedad y desconocimiento de qué normas de construcción sismo resistente debían ser aplicadas, pudiendo presentar deficiencias en su diseño y construcción, que fueron determinadas a través, de la metodología ISU (Índice de Seguridad Universitaria), realizada por estudiantes a cargo del ing. Paul Sánchez, docente de la escuela de Ingeniería en Riesgos de Desastres (UEB), donde se visualizó fisuras y grietas en la parte externa de la instalación, así como la humedad que pudiese afectar a la parte baja, misma que cumple la función de soportar toda la carga de la estructura, razón por la cual se desarrolló la propuesta de un trabajo de investigación con el propósito de obtener una evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos.

Para evaluar la vulnerabilidad estructural del sujeto estudio, se realizó mediante la metodología usada en USA por la Federal Emergency Management Agency (FEMA), denominada FEMA-154, propuesta por (Hernández & Lockhart Castro, 2011), misma que permite realizar una observación visual de las instalaciones, con la intención de identificar puntos débiles y determinar el riesgo para los ocupantes y así, poder establecer propuestas de mitigación y prevención adecuadas, en contribuir a salvaguardar la vida del personal administrativo, docentes y estudiantes que hacen uso de las instalaciones académicas. Además, con la ayuda del ensayo de resistencia del hormigón se verificó el valor de resistencia que tiene el mismo, según la NEC 2014, utilizando el instrumento no destructivo esclerómetro, ya que según (Merino & Anampa, 2022), justifican la utilización del “esclerómetro” como un instrumento seguro para determinar la resistencia del concreto. Posterior a la obtención e

interpretación de los datos se realizará la revisión de los planos arquitectónicos del edificio, para proceder a hacer el modelamiento en el programa CYPECAD, versión 2024, con el propósito de determinar la reacción ante un evento sísmico en los elementos estructurales. Con base a los valores obtenidos, después de haber realizado la inspección visual, a través del formulario FEMA -154, los datos esclerométricos, y modelamiento en el CYPECAD, se procede a plantear medidas de mitigación y reforzamiento estructural, según se del caso.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Planteamiento del Problema

Quinindé & Reinoso (2016) menciona que Ecuador está ubicado en el conocido cinturón de fuego del pacífico, lo que provoca una elevada actividad sísmica, esto incluye sucesos como el terremoto de 1906 en Esmeraldas, que llegó a una magnitud de 8.8 (Mw), situándolo entre los sismos más grandes de la historia, además del terremoto de Bahía de Caráquez en agosto de 1998 con una magnitud de 7.1 (Mw), y el más reciente del 16 de abril de 2016 en Pedernales, con una magnitud de 7.8 (Mw), la actividad sísmica pone de manifiesto algunos desafíos vinculados al diseño y edificación de infraestructuras en Ecuador, a pesar de que hay una norma ecuatoriana de construcción (NEC), la mayoría de las construcciones no la consideran, lo que dificulta su identificación y evaluación, siendo fundamentales para reducir pérdidas humanas y materiales en caso de un evento sísmico.

La provincia Bolívar está localizada en el centro oeste del Ecuador, en una zona sísmica de grado 4° que determina alta peligrosidad, según el IGM, debido a que está rodeada de fallas activas tanto regionales, las cuales están dentro de un ramal de fallas mismas que constan de la falla Puná – Pallatanga -Riobamba, como locales la falla del río Chimbo y río Salinas, provocando que la zona sea susceptible a la ocurrencia de sismos. (Amangandi et al., 2019, p. 51).

La evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos es fundamental, para salvaguardar la vida y asegurar la continuidad de las actividades académicas en caso de un evento sísmico. El edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar, es una estructura fundamental para el progreso educativo y cultural de la comunidad universitaria. Sin embargo, debido a su

antigüedad y las normas que se utilizó en ese año, se le suma la actividades sísmicas que se han presentado a lo largo de los años, existen deficiencias en su diseño y construcción, determinadas a través de la metodología ISU (Índice de Seguridad Universitaria), creada y aplicada, por el ing. Paul Sánchez, docente de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad, se visualizó fisuras y grietas en la parte externa de las instalaciones, así como la humedad afecta la parte baja que cumple la función de soportar toda la carga de la estructura, esto provoca que exista una preocupación latente sobre su capacidad para resistir a los efectos de un sismo.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad estructural del edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB) ante sismos?

1.3. Preguntas de Investigación

¿Cómo un sismo puede detonar la vulnerabilidad estructural del edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar, y afecte la seguridad del personal de trabajo y estudiantes?

¿El año de construcción puede ser un detonante de la vulnerabilidad estructural del edificio?

¿La metodología FEMA 154, determina con exactitud la vulnerabilidad estructural ante un sismo?

¿Como método no destructivo el esclerómetro es una herramienta confiable para determinar la resistencia del hormigón?

¿El uso del Cypecad es una herramienta confiable para el modelamiento de cualquier tipo de edificación?

1.4. Justificación

La presente investigación se enfocará en la evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos en el edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB), mismas que ayudará a comprender el riesgo según la primera línea de investigación “**Comprensión del riesgo**”; debido a su antigüedad y el hecho de que en el año de construcción de la edificación se utilizó otro tipo de normas, esto ha resultado en deficiencias estructurales que comprometen su seguridad, por esta razón nace, el interés, e iniciativa de tomar cartas en el asunto, en identificar si la infraestructura es resistente ante sismos de mayor y menor magnitud.

Además, la investigación brindará un análisis exhaustivo, mediante el uso del software Cypecad, el cual ayudará a evaluar la vulnerabilidad estructural del edificio, aplicando modelamientos, para poder observar el comportamiento estructural ante sismos, con la finalidad de obtener datos lo más reales posibles, por lo tanto, es necesario realizar una observación visual de las instalaciones a través de la metodología FEMA 154, lo que permitirá identificar puntos débiles, determinar el nivel de riesgo para los ocupantes y establecer medidas de mitigación y prevención adecuadas, para contribuir a salvaguardar la vida del personal administrativo, docentes y estudiantes que hacen usos de las instalaciones para forjar su futuro, garantizando la continuidad de las actividades académicas, generando confianza y tranquilidad al saber que las instalaciones son seguras.

Por lo tanto, es fundamental promover una mayor conciencia sobre la importancia de acogerse a estas normativas y garantizar su aplicación efectiva en todos los proyectos de construcción a nivel nacional y local, de tal manera que se logre reducir los efectos negativos que provocan los sismos en las edificaciones, por lo que esta problemática se convierte en una

prioridad local, ya que su integridad no solo afecta a la comunidad universitaria, sino también al desarrollo socioeconómico y cultural de la provincia.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la vulnerabilidad estructural ante sismos en el edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB).

1.5.2. Objetivos Específicos

Analizar la tipología estructural con una inspección visual, con el fin de obtener información detallada del edificio, mediante la utilización de la metodología FEMA 154.

Modelar el comportamiento del edificio ante un sismo, mediante la evaluación estructural, a través del software (Cypecad) en función de las diversas condiciones de carga de la estructura.

Proponer medidas de fortalecimiento estructural que permitan mejorar la resiliencia del edificio ante sismos, garantizando su adecuada funcionalidad y seguridad para la comunidad universitaria.

1.6. Idea a Defender

La aplicación de un análisis dinámico no lineal permitirá obtener una estimación precisa del comportamiento del edificio ante un sismo, con base al mapa de peligro sísmico según la NEC-2014.

1.7. Variables (Operacionalización)

Tabla 1

Operalización de variables dependiente e independiente.

Variables	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumentos
Variable Dependiente				
Vulnerabilidad Estructural	Según (Washingtons, 2004) menciona que la vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que las estructuras presentan frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento que lo mantiene en pie antes un sismo intenso, incluyendo cimientos, columnas, muros, vigas y losas.	Patología Estructural	Fisura Grietas Humedad	Inspección Visual
		Normas de construcción	NEC 2015 FEMA-154	Fichas de evaluación
		Tipo de Construcción	Hormigón armado	Esclerómetro Cypecad Revisión de planos

Variable Independiente				
Sismos	Un sismo es el movimiento brusco de la tierra causado por la liberación de energía acumulada durante un largo tiempo (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias Costa Rica, 2024)	Magnitud	Richter	Revisión Bibliográfica Modelamiento de Cypecad
		Intensidad	Mercali	Revisión Bibliográficas

Nota. Operalización de variables con base a las variables dependiente e independiente. Elaborado por: *Reinoso E. y Zurita J., 2024*

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencial o Georreferencial

El área geográfica de estudio se encuentra ubicada en la vía Guaranda – Ambato, en la Universidad Estatal de Bolívar, la cual se encuentra, en el cantón Guaranda, capital de la provincia de Bolívar, a una altitud de 2.668 m. s. n. m., con una superficie de 1.897.8 Km². (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda, 2024).

Según INEC, 2022 Guaranda consta con una población urbana de 30.755 y rural con 67.375, entre mujeres con 51.471 y hombres con 46.659 dando un total de 98.130 habitantes.

La facultad de educación de la Universidad Estatal de Bolívar, se encuentra ubicado en la ciudad de Guaranda, específicamente en la vía Guaranda-Ambato, dentro de la universidad la facultad está situada en la parte izquierda de la entrada principal, el edificio está rodeado por la facultad de Ciencias Administrativas y frente al local de fotocopias, en esta facultad existe una concurrencia de alrededor de 1200 personas, siendo 9 entre el personal administrativo, 49 docente y 1142 estudiantes entre las 6 carreras, presencial, híbrida y virtual, cumpliendo con un horario laboral de 7:00 am -12:00pm con una retorno de 14:00pm-18:00pm, la edificación consta de 4 niveles o pisos, en los que se distribuyen:

Nivel 1: salón auditorio, aula de control de música y sonido, dos aulas que sirven como bodegas, un sanitario que esta dividido para hombres y mujeres, cuarto de limpieza.

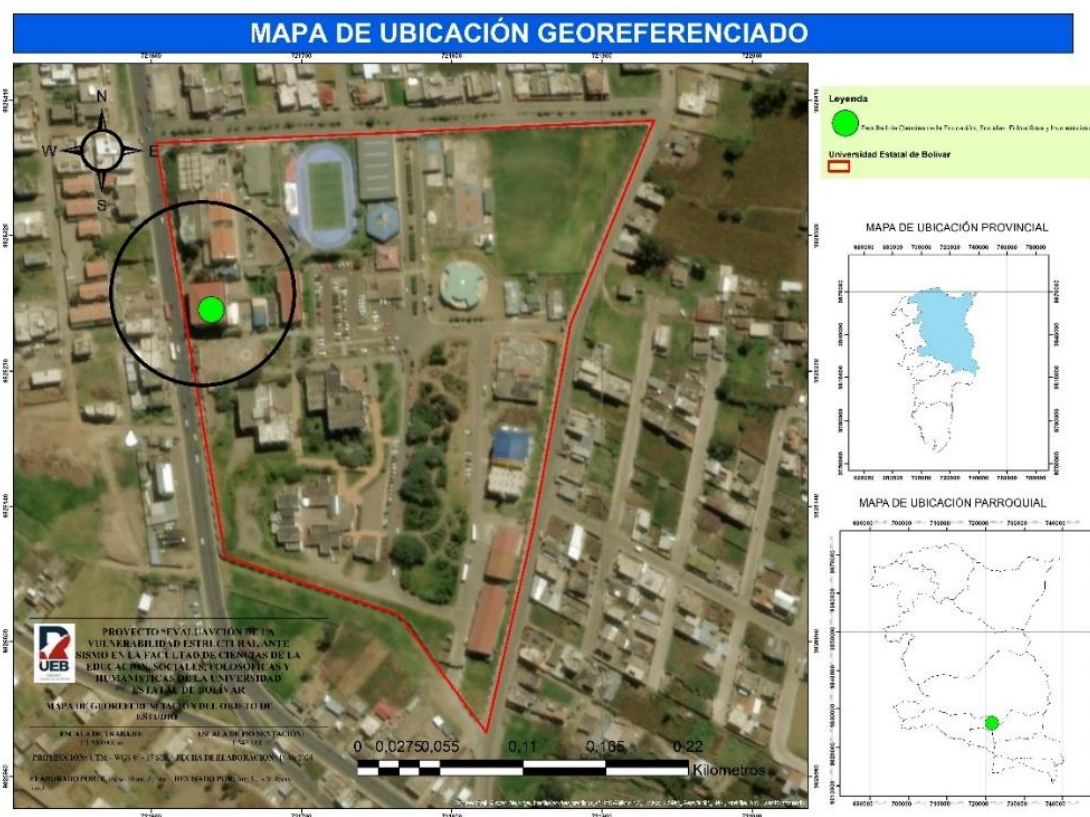
Nivel 2: área de reuniones, área de subdecano y coordinación, área de administración de bienes, área de bodega o archivero, laboratorio de informática, área de secretaría y relaciones públicas, área de coordinación académica, área de cubículos de docentes, área de una oficina de decanato, y 6 baños distribuidos en cada una de las áreas administrativas.

Nivel 3: consta de 7 aulas y un sanitario dividido para hombre y mujeres.

Nivel 4: 7 aulas y un área de archivos pasivos que sirve para ingresar a la parte de la cubierta.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio.



Nota. Mapa de ubicación georeferenciada de la zona de estudio, Fuente: *ArcGIS 10.5*. Elaborado:

Reinoso E. & Zurita J., 2024

2.2. Antecedentes

Según en el estudio Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 97 edificaciones de la “Comuna Santa Clara de San Millán”, Quito, se evaluó la vulnerabilidad sísmica mediante la configuración estructural de 97 edificaciones en las que se observa que el 92% (n=89) presentan una alta vulnerabilidad sísmica en cuanto a configuración estructural, el 2% (n=2) media, y con

una vulnerabilidad sísmica baja el 6% (n=6). Por lo tanto, en su resultado final se determina que el 91,8% posee alta vulnerabilidad, en cuanto a configuración estructural, siendo uno de los parámetros que más influye en el colapso estructural ante la presencia de un sismo de gran magnitud. (Fernández et al., 2018, p. 5).

Para determinar la vulnerabilidad estructural ante sismos, existen varias metodologías de inspección visual, que ayudan a recolectar información de la situación actual del edificio en estudio, en el presente proyecto de investigación se evaluará la Facultad Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar, ya que, presenta fisuras, grietas, cuarteamientos en las paredes, entre otras afectaciones provocadas por efecto de sismos, aumentando su vulnerabilidad ante el riesgo sísmico, ya que, por su ubicación geográfica es propenso a sufrir sismos de gran magnitud.

Según en el estudio denominado Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador, se ha utilizado método de inspección visual como la FEMA 154 y FUNVISIS, según la metodología FEMA el 52% de las edificaciones requiere una evaluación más detallada, sin embargo, algunos resultados difieren entre la metodología FEMA y FUNVISIS puesto que la metodología venezolana considera parámetros adicionales obteniendo que el 34% de las edificaciones evaluadas tiene una vulnerabilidad muy elevada, el 28% elevada y el 34% media alta y alrededor del 72% de las estructuras evaluada corresponde a rangos de riesgo elevados y muy elevados. Por lo tanto, se concluye que en Ecuador existe la posibilidad de aplicar las dos metodologías mencionadas anteriormente para inspeccionar y evaluar vulnerabilidad sísmica. (Cunalata Vásquez & Caiza Sánchez, 2022, pp. 55-56).

La metodología mencionada anteriormente FEMA 154 es utilizada en varios estudios de vulnerabilidad estructural ante sismos, por lo que, se toma como referencia la aplicación de esta

metodología, ya que, es una inspección visual que se realiza a las edificaciones, con la finalidad de identificar las patologías estructurales, datos reales del edificio en estudio, como es la Facultad de Ciencias de la Educación y lograr determinar qué, tan vulnerable es el edificio y si necesita realizar reforzamiento estructural.

En el estudio denominado Vulnerabilidad sísmica del edificio Ciencias de la Salud y del Ser Humano Universidad Estatal de Bolívar.

Otros autores mencionan lo siguiente:

Para la evaluación de pilares, vigas, losas y gradas de hormigón armado se utilizó métodos no destructivos como el uso del esclerómetro. Permitiendo identificar dos elementos con vulnerabilidad media en la primera planta alta correspondiendo a pilares (34%) y losas (35%); las vigas presentan también vulnerabilidad en la segunda planta alta (34%) así como en las gradas de la planta baja (51%) por lo tanto, se dice que el edificio tiene un desempeño aceptable pudiendo resistir ante la demanda de un evento sísmico. (Moposita et al., 2021, p. 33).

La utilización de métodos no destructivos, es muy frecuente en estudios de vulnerabilidad sísmica, ya que, se utiliza el acelerómetro para la obtener datos de la resistencia a la compresión del hormigón, lo cual se utilizará en el modelamiento del software Cypecad, para determinar el comportamiento del edificio ante la presencia de un sismo de mayor o menor magnitud.

En el estudio Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos, mencionan que existen normas que indican los procedimientos y requisitos de construcción para las edificaciones considerando la zona sísmica del Ecuador, por esta razón se evaluó la vulnerabilidad física de las estructuras de las Unidades Educativas del Cantón San Miguel en la provincia Bolívar, a través de la metodología FEMA-154, obteniendo índices de vulnerabilidad de las infraestructuras de 4,4 puntos para la Unidad 24 de mayo y 15,5 puntos

para la Unidad Educativa 10 de enero, que corresponde a un índice de vulnerabilidad leve, mientras que las puntuaciones de 16,6 y 28,30 para las Unidades Educativas Ángel Polibio Chávez y Unidad Educativa Fiscomisional San Miguel respectivamente corresponden a un índice de vulnerabilidad moderada. (De Mora et al., 2022, p. 12).

La Universidad Estatal de Bolívar al localizarse en una zona sísmica IV y su valor del factor Z o aceleración en roca es de 0.35 con una caracterización de riesgo sísmico alta, por lo que, los constructores estructurales o ingenieros civiles deben diseñar los edificios, tomando en cuenta la acción sísmica del lugar de construcción, cabe resaltar que los sismos no causan daño o muerte a las personas, si no las estructuras que no están correctamente diseñadas y no cumplen las normas de construcción establecidas. Por lo tanto, es importante realizar estudios relacionados con la vulnerabilidad sísmica en estructuras.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Vulnerabilidad estructural

En el presente trabajo de investigación denominado Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural ante sismos en el edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB).

Según el autor menciona:

La vulnerabilidad estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes estructurales de sufrir daño, debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico estructural. El mismo comprende del deterioro físico de aquellos elementos o componentes que forman parte integrante del sistema resistente o estructura de la edificación. Además, del nivel de daño estructural que sufrirá una edificación depende tanto del comportamiento global como local de la estructura. Está relacionado con la calidad de los materiales empleados, las características

de los elementos estructurales, su configuración, esquema resistente y obviamente, con las cargas actuantes. (Zigurat, 2019, como cito en Zambrano, 2022, p. 2).

Según BLANCO (2012), “La vulnerabilidad de las estructuras depende de los posibles daños que puedan sufrir sus elementos estructurales más importantes ante un sismo, lo cual repercute en el comportamiento de todo el sistema” (p.71).

2.3.2. Patologías Estructurales

Según (Astorga & Rivero, 2009, como se citó en CASTILLO ROBLES & CASTILLO YUMBO, 2020) “Para determinar la vulnerabilidad estructural de una edificación, es necesario determinar las patologías estructurales que presentan las estructuras, partiendo desde pequeños daños y molestias hasta grandes fallas que pueden ocasionar un colapso parcial o total de las edificaciones” (p.11).

La patología estructural se define como una lesión o deterioro sufrido por algún material, elemento o estructura y se suelen clasificar en función de su agente causante. Las patologías estructurales son denominadas estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición, dependiendo de la gravedad de los daños presentes en las edificaciones. (Alejandro, 2017, como cito en Zambrano, 2022, págs. 2-3).

2.3.2.1. Fisura

Según (Martinez, 2020) “Las fisuras son aperturas de carácter superficial que solo ejercen efecto sobre el material que se encarga de recubrir una superficie (acabado superficial del elemento constructivo).”

2.3.2.2. Grietas

La aparición de grietas en las paredes es algo bastante habitual y uno de los motivos principales de preocupación entre los propietarios de edificios. En ocasiones, se producen debido a la contracción de los materiales utilizados, aunque otras veces no aparecen hasta varios años después de finalizar la construcción. (Ingenieros Asesores, 2023). 2.3.2.1

2.3.2.3. Humedad

Según (Grupo Grasa, 2022) “La humedad en la construcción está causada por la filtración de agua en los elementos constructivos de los cimientos y otras partes del edificio, que deben estar completamente secos antes de finalizarse.”

2.3.3. Normas de Construcción

2.3.3.1. NEC 2015

Las normas de construcción que se utilizarán en el presente trabajo de investigación serán las normas FEMA 154 y NEC 2015, lo que ayudará a determinar a través de una inspección visual lo anteriormente mencionado como es las patologías estructurales e identificar la vulnerabilidad estructural ante el riesgo sísmico.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC comprende una serie de normativas, de cumplimiento obligatorio a nivel nacional, mismas que establecen requisitos mínimos de seguridad y calidad, donde las construcciones a nivel nacional deben cumplir en las etapas del proceso de construcción.

La NEC representa una renovación del Código Ecuatoriano de la Construcción, vigente desde el año 1996. Esta nueva normativa, es respaldada por estudios de sismicidad realizados por EPN-IGN, donde se amplía el contenido del documento y se considera otros factores que anteriormente no se consideraban como: las cargas no sísmicas, la clasificación de suelos,

estudios geotécnicos, correlación con distintos tipos de estructuras (hormigón, acero, mampostería, madera), además de la ampliación y alcance permiten determinar parámetros mínimos de calidad de habitable y funcional en las edificaciones de una población. (NEC, 2017).

De acuerdo con el MIDUVI, la evaluación visual de peligro sísmico para edificaciones, está basada en FEMA 154, el cual fue desarrollado para que profesionales evalúen construcciones existentes y las clasifiquen en tres categorías:

1. Edificios con baja vulnerabilidad en cuanto a daños y seguridad de los ocupantes frente a un sismo.
2. Los que presentan vulnerabilidad media, que estarían dentro de los parámetros aceptables.
3. Los que tienen vulnerabilidad alta, las cuales necesitan un estudio más detallado, realizado por un ingeniero experto en el diseño estructural.

El propósito principal de esta evaluación es reconocer las construcciones más vulnerables a eventos sísmicos. El resultado de esto también podrá servir para: implementar programas de mitigación de riesgos para una región delimitada, inventario de edificaciones según su uso, etc. (MIDUVI, 2016, pág. 8)

2.3.3.2. Procedimiento de Inspección Visual Rápida (PIVR) FEMA P-154 2015

La evaluación visual rápida de peligro sísmico para edificaciones, está basada en FEMA 154, el cual fue desarrollado para que profesionales de la construcción evalúen a las construcciones existentes y las clasifiquen en tres categorías: edificios con baja vulnerabilidad en cuanto a daños y seguridad de los ocupantes frente a un sismo, los que presentan una vulnerabilidad media, que estarían dentro de los parámetros aceptables y los que tienen una vulnerabilidad alta, los cuales necesitan un estudio más detallado, realizado por un ingeniero

experto en diseño estructural. Mediante estos parámetros se obtiene un puntaje final de la estructura, donde se determina que las edificaciones con mayores puntajes serán menos vulnerables frente a un evento sísmico. (MIDUVI, 2015, p. 120).

Para realizar el método inspección visual FEMA 154, maneja un formulario que contiene una descripción de la edificación que abarca: información general de la edificación tales como ubicación, número de pisos, año de edificación, su área, nombre del edificio, uso, imagen de la edificación, y un espacio para representar irregularidades tanto en planta como en elevación. Se debe determinar la tipología del sistema estructural de la edificación, además posee un recuadro de puntajes básicos donde se señala la tipología del sistema estructural como W1, W1A, W2, S1, S2,S3, S4, S5 , C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2, URM, MH, irregularidad de la edificación, irregularidad vertical grave, VL1, irregularidad vertical moderada VL1, irregularidades en planta PL1, código de la construcción es decir el año de construcción después o antes de la normativa vigente. Después se determina el tipo de suelo, tipo A, B, C, D, E y por último se determina el grado de vulnerabilidad sísmica a través de una suma algebraica de los valores involucrados. Con la finalidad de obtener la vulnerabilidad estructural final y determinar si se necesita o no reforzar la edificación. (Hernández & Lockhart Castro, 2011, pp. 259-260).

2.3.3.2.1. Esquema estructural en planta y elevación de la edificación

“Se deberá realizar al menos un esquema de la planta y si es posible un esquema en elevación del edificio” (MIDUVI, 2011, p. 7).

2.3.3.2.2. Fotografía

“Será de la parte frontal de la edificación (acceso principal), procurando que en esta se la pueda observar en su totalidad” (MIDUVI, 2011, p. 7).

2.3.3.2.3. Datos de la edificación.

Colocar información de la edificación, en estos ítems se llena los datos necesarios como el nombre de la Edificación, dirección, código postal, coordenadas Geográficas, latitud como longitud, mismas que deben ser coordenadas UTM, con Zona, Norte y Este, también es necesario tomar en cuenta los valores de aceleración sísmica. (MIDUVI, 2011, p. 8).

2.3.3.2.4. Datos del profesional.

MIDUVI (2011) menciona que se debe “Registrar la información del profesional a cargo de la evaluación e indicar fecha y hora de la inspección a realizar” (p. 9).

2.3.3.2.5. Datos de construcción.

Según MIDUVI (2011) “Colocar el número de pisos según corresponda, el año de construcción, el código utilizado para el diseño en caso de que la infraestructura tuviera remodelaciones, reforzamiento o adiciones en planta y elevación” (p. 9).

2.3.3.2.6. Datos de Ocupación.

Se refiere al tipo de uso o la ocupación de la edificación, misma que presenta los siguientes parámetros:

- **Asamblea:** se trata de espacios públicos de encuentro, donde se reúnen individuos en una sola sala.
- **Comercial:** empresas de cualquier clase que no sean clasificadas en otras categorías, como entidades financieras, restaurantes, centros comerciales, etc.
- **Servicios de emergencia:** estructuras que ofrecen sus servicios frente a cualquier evento natural o antrópico.
- **Público:** se refiere a todas las construcciones estatales, que no deben ser clasificadas como servicio de emergencia.

- **Histórico:** a estas edificaciones se les reconoce como patrimonio.
- **Industrial:** abarca todas las formas de industrias, tales como fábricas, ensambladoras, grandes almacenes y bodegas.
- **Oficina:** se refiere a los edificios de oficina y lugares de administración.
- **Residencial:** construcciones residenciales, casas, hoteles, conjuntos residenciales, hogares para personas mayores y con discapacidades.
- **Educación:** se refiere a las entidades educativas, tanto públicas como privadas: escuelas, colegios, institutos, universidades (MIDUVI, 2011, pp. 9-10).

2.3.3.2.7. Datos de Tipo de Suelo.

Es necesario considerar el tipo de suelo, teniendo en cuenta que las edificaciones cimentadas en suelos A y B, no se consideran que pueden ser significativamente afectadas por un sismo. Para calcular las puntuaciones básicas se debe tomar un tipo de suelo CD (la media del tipo de suelo C y D). Por lo tanto, no se aplica ningún modificador de puntuación cuando se presenta uno de estos tipos de suelo, como el suelo F, que no puede ser evaluado eficazmente. Cuando el edificio se encuentra en un tipo de suelo F, el evaluador debe tomar en cuenta y verificar si existen riesgos geológicos con el fin de realizar una evaluación estructural detallada del edificio. En el caso de no encontrar la información se debe adoptar el tipo D, sin embargo, esto debe ser señalado en las observaciones. (MIDUVI, 2011, p. 10).

2.3.3.2.8. Datos de Riesgos Geológicos.

En la investigación preliminar o en la indagación con moradores de la zona de estudio se puede determinar si existe algún riesgo Geológico como Licuefacción, Deslizamientos, Ruptura de Superficie, además, este tipo de información se la puede obtener de la SNGRE o de estudio en la zona. (MIDUVI, 2011, p. 10).

2.3.3.2.9. Datos de adyacencia.

La adyacencia es una de las amenazas que sufre con mayor frecuencia una edificación, es decir, cuando tiene edificios que no dejan una junta sísmica y existe el riesgo que sea golpeado por un edificio de mayor altura y pueda producir que este caiga sobre el otro. (2011, p. 10).

2.3.3.2.10. Datos de Irregularidades.

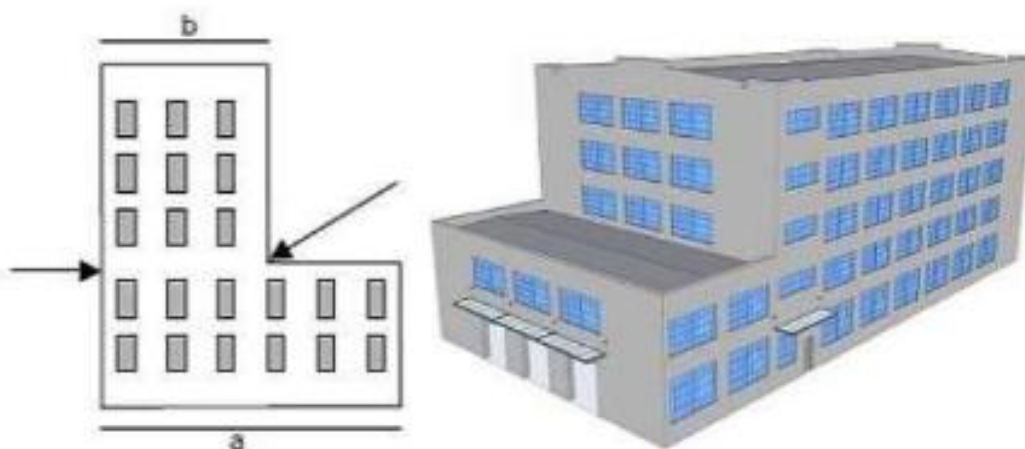
MIDUVI (2011) “Verificar si existe irregularidades en planta o elevación según el relevamiento del sistema estructural y la inspección del sitio, existen irregularidades en elevación y planta” (P. 11).

Irregularidad vertical

Irregularidad geométrica: la edificación es irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión que un piso adyacente, excepto en el caso de los altillos de un solo piso que deben ser mayor a 1.3. (MIDUVI, 2011, p. 11).

Figura 2

Irregularidad vertical: Irregularidad geométrica.

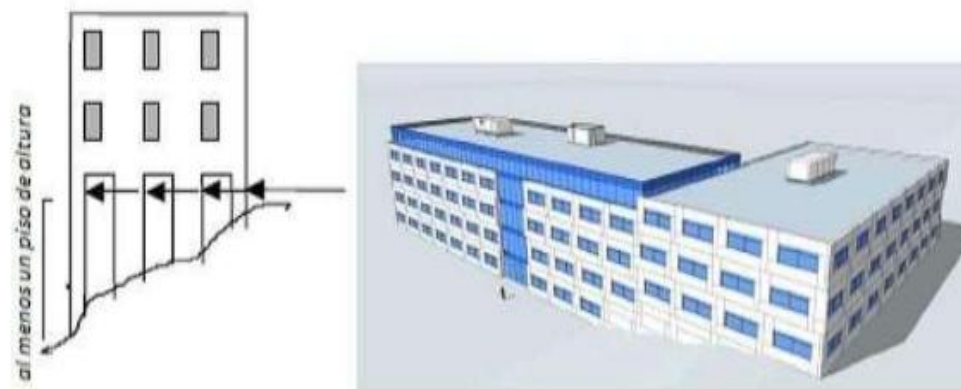


Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

MIDUVI (2011) **Irregularidad por ubicación:** si la edificación se encuentra en una colina empinada, tal que a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura” (p.11)

Figura 3

Irregularidad vertical: Irregularidad por ubicación.

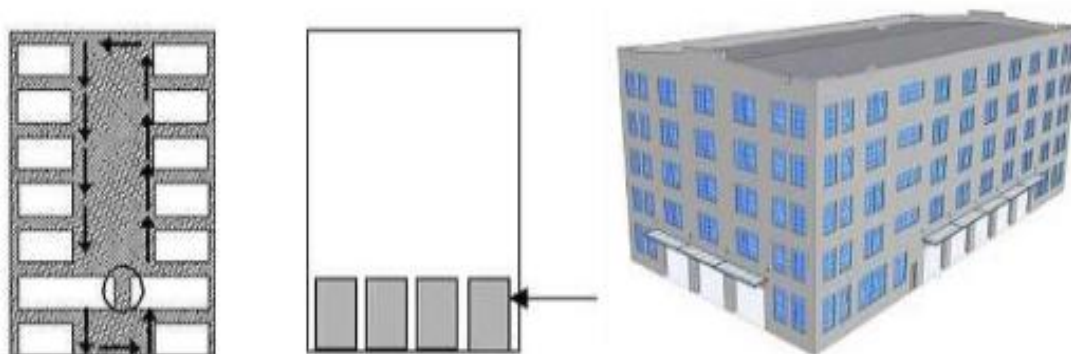


Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

Según MIDUVI (2011) **“Piso débil:** si la rigidez de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás pisos, por lo que existe una disminución en mampostería portante o muros estructurales” (p.12).

Figura 4

Irregularidad vertical: Piso débil.

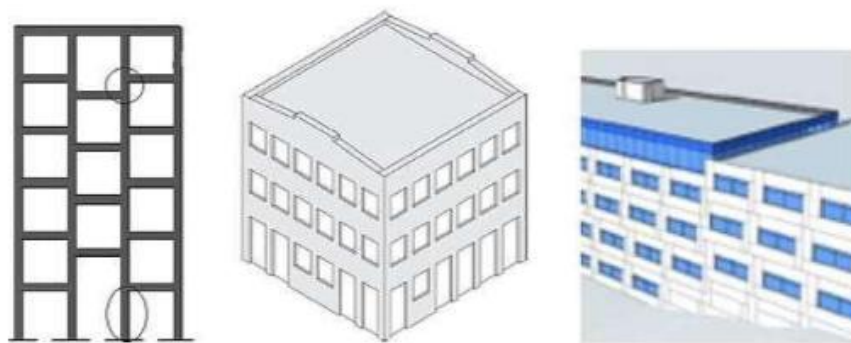


Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

MIDUVI (2011) “**Columna corta o larga:** si la edificación presenta columnas cortas o demasiado largas” (p.12).

Figura 5

Irregularidad vertical: Columna corta o larga.

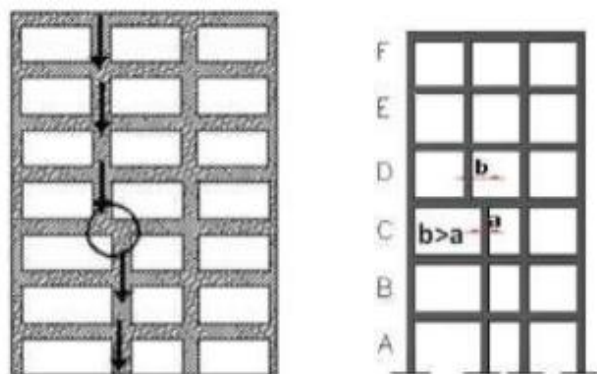


Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

MIDUVI (2011) menciona que “**Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas:** la edificación es irregular cuando presenta desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y estos desplazamientos superan la dimensión horizontal del elemento” (p. 12).

Figura 6

Irregularidad vertical.



Nota. Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas. Fuente: (MIDUVI, 2011).

MIDUVI (2011) afirma que “**Adiciones:** se refiere a una parte de la estructura de la edificación cuando es irregular estas adiciones, puede ser fuera del diseño original, de un piso o más” (p. 13).

Figura 7

Irregularidad vertical: adiciones.



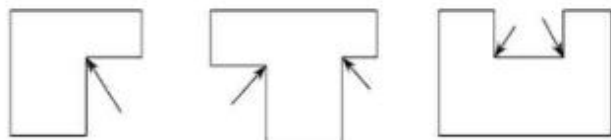
Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

Irregularidades en planta

Según MIDUVI (2011) “**Forma:** la estructura de la edificación es irregular cuando su configuración en planta presenta formas L, T, I, U E, o forma de cruz, sin juntas de construcción” (p. 14).

Figura 8

Irregularidad en planta: configuración en planta.

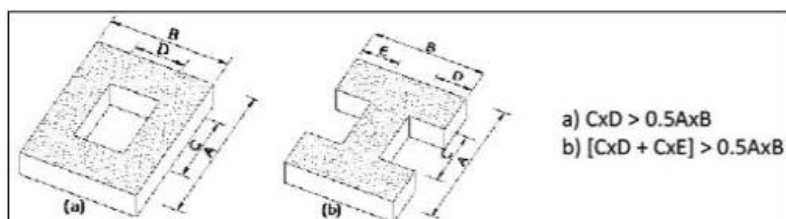


Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

Discontinuidades en el sistema de piso: se refiere cuando la estructura de la edificación es irregular, cuando el sistema de piso tiene discontinuidades es apreciable, ya que presenta variaciones significativas en su rigidez, provocadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso. (MIDUVI, 2011, p. 14).

Figura 9

Irregularidad en planta.



Nota. Irregularidad en planta, se tomando en cuenta las discontinuidades en el sistema de piso

Fuente: (MIDUVI, 2011).

“Ejes estructurales no paralelos: la edificación presenta irregular cuando los ejes estructurales no se encuentran paralelos o simétricos en relación a los ejes ortogonales principales de la estructura” (MIDUVI, 2011, p. 15).

Figura 10

Irregularidad en planta: ejes estructurales no paralelos.



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“**Adiciones:** la estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, fuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción” (MIDUVI, 2011, pp. 11-16).

Figura 11

Irregularidad en planta: adiciones.



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

2.3.3.2.11. Datos de Peligro de Caída Exteriores.

Se observa al momento de realizar la inspección visual, misma que se puede identificar si existe peligro de caída de elementos que puedan afectar a la seguridad de las personas que transitan fuera de la edificación, como chimeneas sin soporte lateral, revestimiento pesados, o enchapados de madera, así como apéndices, parapetos etc. (MIDUVI, 2011, p. 16).

2.3.3.12. Tipología del Sistema Estructural

La evaluación visual rápida de vulnerabilidad antes o después de un evento sísmico debe ser realizada por un profesional capaz de determinar el sistema estructural de la edificación en estudio. Los tipos de estructuras que se presentan en la mayoría del territorio ecuatoriano se dividen en 17 grupos según la norma FEMA 154, para este sistema de evaluación y se los presenta a continuación con sus respectivos códigos. (MIDUVI, 2011, p. 17).

Tabla 2

Tipología del sistema estructural.

TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL			
Tipología	Código	Tipología	Código
Pórticos de madera livianos viviendas multifamiliares de 1 a 2 pisos	W1	Pórtico hormigón armado	C1
Pórticos de Madera livianos múltiples unidades, múltiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m ² .	W1A	Pórtico H. armado con muros de corte	C2

Pórticos de madera para edificios comerciales e industriales con un área de piso mayor a 500m ² .	W2	Pórtico H. armado con mampostería de relleno sin refuerzo.	C3
Pórtico acero laminado (pórtico resistente a momento)	S1	Losas prefabricadas de hormigón (Tilt-up)	PC1
Pórtico acero laminado con diagonales	S2	Pórtico de H. armado prefabricados	PC2
Pórtico acero laminado con muros en frío.	S3	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles	RM1
Pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón.	S4	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos	RM2
Pórtico de acero con paredes de mampostería de bloque.	S5	Edificios de mampostería no reforzada	URM
		Vivienda prefabricada	MH

Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“**Madera (W1)**: cuando todos los elementos estructurales: vigas, columnas, bastidores, celosías, armaduras son de madera natural o laminada y estas estructuras son de 1 o dos pisos máximos y de peso ligero” (MIDUVI, 2011, p. 17).

Figura 12

Tipo de sistema estructural: Madera (W1).

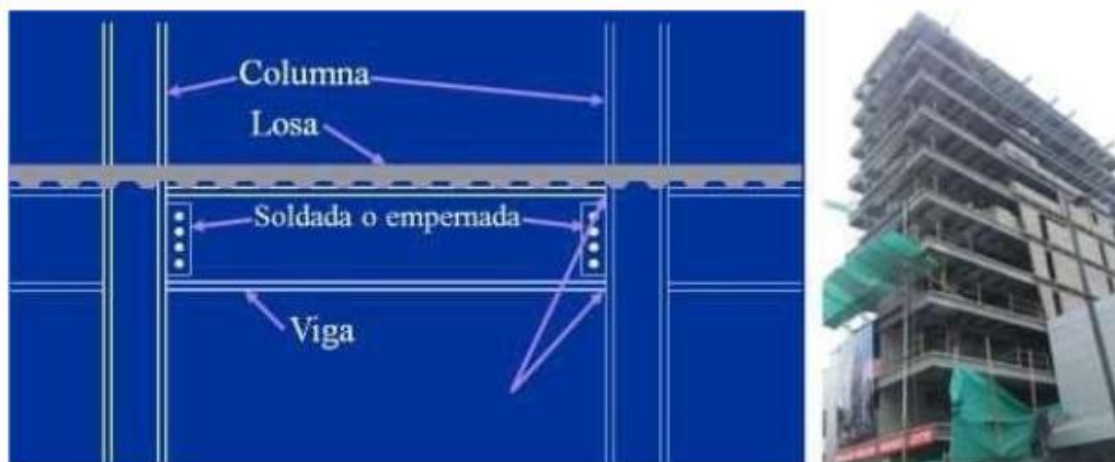


Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“Pórtico acero laminado (S1): Elementos vigas y columnas conformadas por perfiles estructurales laminados en caliente o secciones armadas de placas laminadas en caliente, y sus fallas más comunes frente a un sismo se producen en sus conexiones” (MIDUVI, 2011, p. 18).

Figura 13

Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero laminado (S1).

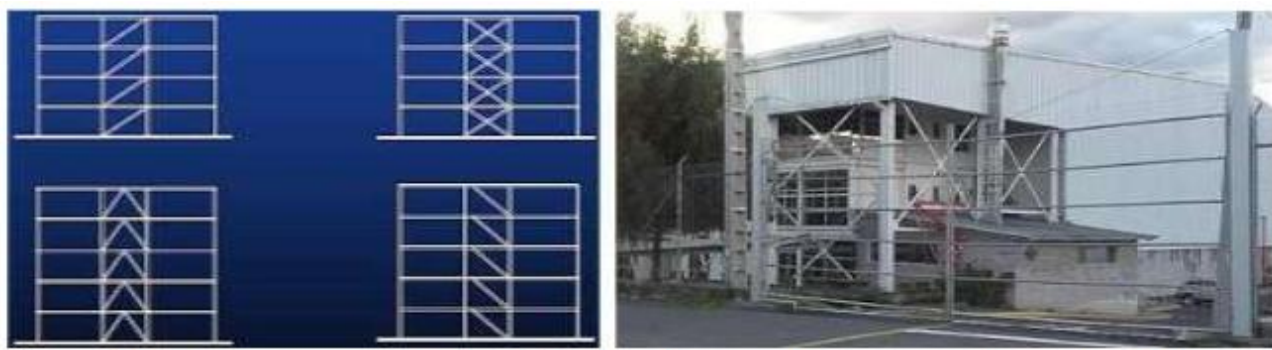


Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“Pórtico de acero laminado con diagonales (S2): Pórtico de acero laminado en caliente y diagonales rigidizadoras de acero a todo lo alto de la edificación” (MIDUVI, 2011, p. 18).

Figura 14

Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero laminado con diagonales (S2).



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“Pórtico de acero doblado en frío (S3): son elementos como vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en un ambiente frío” (MIDUVI, 2011, p. 18).

Figura 15

Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero doblado en frío (S3).



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

Pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón armado (S4):

Pórticos de acero laminado en caliente con muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación. Las cargas laterales son resistidas por los muros que, por lo general, se ubican en el cajón de ascensores y gradas. (MIDUVI, 2011, pág. 19).

Figura 16

Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero laminado con muros estructurales.



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“Pórticos de acero con paredes de mampostería (S5): Pórticos de acero laminado en caliente con paredes divisorias de mampostería de bloque de hormigón” (MIDUVI, 2011, p. 19).

Figura 17

Tipo de sistema estructural: Pórtico de acero con paredes de mampostería (S5).



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“Mampostería sin refuerzo (URM): Muros de paredes portantes de ladrillo, bloque, adobe, bahareque, sin refuerzo de varillas de acero” (MIDUVI, 2011, p. 20).

Figura 18

Tipo de sistema estructural: Mampostería sin refuerzo (URM).



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“Pórticos de hormigón armado (C1): Elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado” (MIDUVI, 2011, p. 21).

Figura 19

Tipo de sistema estructural: Pórticos de hormigón armado (C1).



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

Figura 20

Tipo de sistema estructural: Pórticos de hormigón armado (C1).



Nota. Edificio de la Facultad de Educación. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024

“Pórticos de Hormigón Armado con muros estructurales (C2): Elementos estructurales vigas, columnas y muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación” (MIDUVI, 2011, p. 21).

Figura 21

Tipo de sistema estructural: (C2).



Nota. Pórticos de hormigón armado con muros estructurales. Fuente: (MIDUVI, 2011).

“Hormigón armado prefabricado (PC): Paneles portantes de hormigón armado prefabricado o elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado, prefabricadas y ensambladas en obra. Las conexiones mal diseñadas en este sistema pueden fallar” (MIDUVI, 2011, p. 22).

Figura 22

Tipo de sistema estructural: Hormigón armado prefabricado (PC).



Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

2.3.3.2.13. Puntajes Básicos, Modificadores y Puntaje Final Nivel 1, SII

Para cada uno de estos 17 tipos de construcción, se ha calculado un índice de peligro estructural (puntaje básico) que refleja la probabilidad de daño y pérdida de una edificación, basándose en FEMA 154 y 155 y se los puede observar a continuación.

Tabla 3

Puntajes Básicos, Modificadores y Puntaje Final Nivel 1 SL1.

Puntajes básicos de cada sistema estructural																	
Tipología del sistema estructural																	
Parámetros calificativos de la estructura (Tipo de edificio FEMA)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SV)	S5 (URM ING)	C1 (MRF)	C2 (SV)	C3 (URM INF)	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
Puntaje básico	4,1	3,7	3,2	2,3	2,20	2,9	2,2	2	1,7	2,1	1,4	1,8	1,5	1,8	1,8	1,2	2,2

Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

2.3.3.2.14. Modificadores

Se llaman modificadores a los principales factores que afectan significativamente el rendimiento de la edificación en estudio.

Cada uno de estos modificadores tienen un valor y corresponde a cada tipología del sistema estructural.

Tabla 4

Modificadores para las diferentes tipologías del sistema estructural.

PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADOS Y PUNTAJES FINAL NIVEL 1, SL1																	
Tipología del sistema estructural																	
Parámetros calificativos de la estructura	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RCSV)	S5 (URM ING)	C1 (MRF)	C2 (SV)	C3 (URM INF)	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
Puntaje básico	4,1	3,7	3,2	2,3	2,20	2,9	2,2	2	1,7	2,1	1,4	1,8	1,5	1,8	1,8	1,2	2,2
IRREGULARIDAD																	
Irregularidad vertical grave, VL1	-1,3	-1,3	-1,3	-1,1	-1	-1,2	-1	-0,9	-1	-1,1	-0,8	-1	-0,9	-1	-1	-0,8	N/A

Post código moderno (construido a partir de 2015)	1,5	1,9	2,3	1,4	1,4	1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,1	2,4	2,1	2,1	N/A	1,2
SUELO																	
Suelo Tipo A o B	0,3	0,6	0,9	0,6	0,9	0,3	0,9	0,9	0,6	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,6	0,9
Suelo Tipo D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	0	-0,4	-0,5	-0,2	-0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,5
Tipo de suelo E (>3 Pisos)	-0,5	-0,8	-1,2	-0,7	-0,7	N/A	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,4	N/A	-0,5	-0,6	-0,7	-0,3	N/A
Puntaje Mínimo	1,6	1,2	0,8	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,4
Puntaje final																	

Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011)

2.3.3.2.15. Irregularidades

Irregularidades verticales graves VL1: son aquellas que tienen un efecto adverso significativo en el rendimiento del edificio.

Irregularidades verticales moderadas VL1: poseen un efecto adverso menos significativo en el rendimiento del edificio.

Irregularidad en planta PL1: es aquella cuando el sistema de piso tiene discontinuidad apreciables o presenta variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del edificio (MIDUVI, 2011).

2.3.3.2.16. Código de construcción

Se definirá el código de construcción utilizado para el diseño estructural por esta razón es indispensable poseer el dato de año de construcción de la edificación.

Pre-código (construido antes de 2001) o autoconstrucción: se utiliza este modificador cuando una edificación haya sido construida antes de 2001 (primera Zonificación Sísmica en Ecuador), o cuando la edificación muestre señales que se la construyó sin un profesional a cargo.

Construido en etapa de transición (entre 2001 y 2015): se utiliza este modificador cuando una edificación fue construida entre los años de 2001 y 2015.

Post código moderno (construido a partir de 2015): se utiliza este modificador cuando la edificación fue construida después del 2015, año de referencia del Código actual vigente (MIDUVI, 2011).

2.3.3.2.17. Tipo de suelo

A continuación, se mencionan las características de cada tipo de suelo que se presenta y que se encuentran en la NEC 2014.

Tipo de suelo C: perfiles de suelos muy densos o roca blanda, con velocidad de onda cortante de suelo entre 360 y 760 m/s ($360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$) o con suelos que cumplan con cualquiera de estos dos criterios: número medio de golpes del ensayo de penetración estándar mayor o igual a 50 ($N \geq 50$) y la resistencia al corte no drenado sea mayor o igual a 100 kPa ($S_u \geq 100$).

Tipo de suelo D: perfiles de suelos rígidos, con velocidad de onda cortante de suelo mayores o iguales que 180 m/s pero menores que 360 m/s ($360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$) o con suelos que cumplan con cualquiera de estas dos condiciones: número medio de golpes del ensayo de penetración estándar mayores o iguales a 15 pero menores que 50 ($50 > N \geq 15$) y la resistencia al corte no drenado sea mayor o igual a 50 kPa pero menor a 100 kPa ($100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$).

Tipo de suelo E: perfiles con velocidad de onda cortante de suelo menores a 180 m/s ($V_s < 180 \text{ m/s}$) o perfiles que contienen un espesor total H mayor a 3 metros de arcillas blandas con: índice de plasticidad mayor a 20 ($IP > 20$), contenido de agua mayor o igual al 40% ($w \geq 40\%$) y resistencia al corte no drenado menor a 50 kPa ($S_u < 50 \text{ kPa}$) (NEC, 2014).

2.3.3.2.18. Puntaje Final, S y Grado de Vulnerabilidad Sísmica

De la misma manera para cada tipología de sistema estructural presenta un puntaje mínimo que debe ser comparado con el puntaje final que se obtiene de la suma del puntaje básico más todos los modificadores anteriormente descritos, una vez obtenido el puntaje final se puede determinar la Vulnerabilidad de la Estructura o la probabilidad de colapso de la misma. (MIDUVI, 2011, p. 28).

Tabla 5*Puntaje Mínimo y puntaje Final.*

Puntaje	Consideración	Selección
Final		(marca con X)
NIVEL 1 SL1<Smin	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial	
NIVEL 1 SL1=Smin	Mediana vulnerabilidad	
NIVEL 1 SL1>Smin	Baja vulnerabilidad	

Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011).

2.3.4. Tipo de Construcción

2.3.4.1. Hormigón Armado

El hormigón armado es hormigón reforzado con barras de acero, conocidas como armadura. Esta combinación aprovecha la resistencia a la compresión del hormigón y la resistencia a la tracción del acero, resultando en un material excepcionalmente fuerte y versátil. El hormigón armado funciona al combinar las propiedades del hormigón y el acero. Mientras que el hormigón es resistente a la compresión, el acero resiste la tracción y la flexión. Esta combinación permite que el hormigón armado soporte tanto fuerzas de compresión como de tensión (LafargeHolcim España, 2023).

2.3.5. Sismos

El movimiento sísmico en la Tierra es el resultado del desplazamiento de las placas tectónicas que constituyen la corteza terrestre o litósfera. Estas placas al interactuar, generan fuerzas de fricción que conducen a un estado de equilibrio precario, es decir, a un movimiento relativamente nulo entre placas, en este estado se acumula una gran cantidad de energía mecánica, que es liberada de manera inmediata cuando estas superan las fuerzas de fricción que impiden el movimiento. La energía liberada se propaga mediante ondas sísmicas que se desplazan por la corteza y el manto, es decir, una onda también tiene la capacidad de propagarse a través de un medio líquido o viscoso a miles de kilómetros a su alrededor. (Torres Morales & Suárez, 2016).

2.3.5.1. Escalas de Mediciones Richter y Mercalli

Richter: la escala de Richter es una herramienta de la sismología. La creó en 1935 Charles Richter, un físico y sismólogo estadounidense, con el propósito de proporcionar una medida matemática para comparar la magnitud de los terremotos. En esencia, esta escala evalúa la amplitud de las ondas sísmicas registradas por los sismógrafos, explica el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés). (National Geographic, 2024).

Mercalli: la escala Mercalli se sirve números romanos para cuantificar la intensidad de los sismos que van del I al XII. De esta manera, un terremoto de escala I es un sismo que no ha percibido prácticamente nadie. Mientras que, si el sismo provoca la destrucción de edificios o la formación de grietas en el suelo, seguramente se catalogue como X o, incluso, XII. (Villegas, 2023).

2.3.5.2. Tipo de Sismos

Superficiales: son los sismos que ocurren dentro de la corteza terrestre, hasta los 70 kilómetros de profundidad.

Intermedios: sismos que se dan entre los 70 y 450 kilómetros de profundidad.

Profundos: sismos cuyo hipocentro está situado más allá de los 450 kilómetros de profundidad. (Argentina.gob.ar, 2022)

2.3.5.3. Ondas Sísmica

Las ondas sísmicas son desplazamientos que ocurren en la corteza terrestre, siendo este el resultado de la liberación de energía, misma que proviene de un foco llamado hipocentro. Las ondas sísmicas se clasifican en dos grupos: Ondas Internas y Ondas Superficiales, y dentro de estos dos grupos se encuentran cuatro tipos de ondas sísmicas: P, S, L y R.

Velocidad de las ondas: P = 7 Km/s, S = 4 a 6 Km/s, L = 2 a 3 Km/s, R = 90% de las ondas S.

2.3.5.4. Ondas Internas

Por lo general estas ondas siguen trayectorias curvas, rigiéndose en el principio de Fermat, que consiste en propagar por el camino que la perturbación puede recorrer en el menor tiempo posible. Las ondas P y S tienden a reflejarse, refractarse y difractarse en las diferentes discontinuidades que se encuentran a su paso.

P: Ondas de tipo compresivo que atraviesan el planeta, las ondas P en su propagación llegan a comprimirse y dilatarse periódicamente en un material rocoso.

S: Ondas transversales, se movimiento se realiza de manera perpendicular a su desplazamiento y estas no consiguen atravesar el núcleo. (Argentina.gob.ar, 2022)

Ondas Superficiales.

R o LR (Ondas Rayleigh): generan un desplazamiento elíptico y retrógrado de las partículas en el terreno.

L o LQ (Ondas Love): se desplazan por la tierra a partir de su epicentro, con movimiento de lado a lado. (Argentina.gob.ar, 2022)

2.3.5.5. Efectos de los Sismos en las Infraestructuras

Las consecuencias provocadas por un movimiento sísmico en construcciones y edificios van a estar estrechamente relacionadas con la intensidad del seísmo, pero también con la capacidad de la construcción para soportarla. Estos daños pueden tratarse de desperfectos parciales, como grietas o fisuras en las infraestructuras, instalaciones o revestimientos o, en casos de mayor gravedad, tratarse de derrumbamientos parciales o totales. (Grupo Grasa, 2022).

2.3.5.6. Fallas Geológicas

La falla geológica se debe a una segmentación de las rocas por las grandes fuerzas a las que fueron sometidas y al estar en movimiento estas fallas geológicas provocan sismos. El Ecuador por estar en la interacción de las placas de Nazca y Sudamericana produce fuerzas que fracturan su interior y a estas se les denomina fallas geológicas. (Rivadeneira Francisco, 2007, como se citó en Villavicencio Logroño, 2023).

Falla normal: las fallas normales constituyen planos a lo largo de los cuales un bloque "baja" con respecto al otro. Siempre se considera que es una falla normal si el bloque que está "encima" del plano (techo) baja con respecto al bloque que está "debajo" del plano (piso). Este tipo de fallas se origina por la separación de placas tectónicas, es decir, por distensión. (Universidad de Costa Rica, 2019).

Falla inversa: las fallas inversas provocan un levantamiento del suelo, es decir que el bloque que está encima del plano de falla (techo) "sube" con respecto al bloque que está debajo

del plano (piso). Se les llama inversas porque las fuerzas que las generan son compresivas (empujan un bloque hacia el otro) y hacen subir un bloque rocoso por el plano inclinado de la fractura: es decir que este tipo de movimiento es anti-gravitacional (es contrario a la acción de la gravedad que tiende a hacernos caer). (Universidad de Costa Rica, 2019).

Falla de desgarre o de desplazamiento de rumbo: las fallas de desplazamiento de rumbo son un tipo de falla en la cual el movimiento general es paralelo al rumbo de la superficie de falla y los bloques se desplazan lateralmente uno respecto al otro. Usualmente, las evidencias que se buscan en el campo para encontrar estas fallas son filas de árboles desplazados, cauces de ríos desplazados, cercas desplazadas lateralmente, entre otros. (Universidad de Costa Rica, 2019).

2.3.6. Cypecad

Cypecad es un software que fue creado en España en la década de los 80s por la empresa Cype Ingenieros S. A., para realizar el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado, viviendas, edificios y proyectos de obra civil que pueden ser sometidos a acciones horizontales y verticales de cargas. Este programa permite al ingeniero calculista un análisis bi y tridimensional de la estructura, el dimensionamiento de todos sus elementos estructurales incluida la cimentación, el armado de acero de refuerzo de cada uno de ellos y por último la generación de los planos estructurales de la obra de forma muy detallada junto con su respectiva memoria de cálculo; ambos en formato de uso convencional. (Rivas Palma et al., 2021, p. 1).

El programa Cypecad considera algunas propiedades incluidas que por defecto están integradas en el software como el peso del material del edificio en sí, el módulo de flexibilidad, módulo elástico del concreto y acero; en este caso se utilizará como el modo de elasticidad del hormigón, carga muerta y carga viva obtenidas al momento de considerar la longitud del edificio

inspeccionado. Se lo efectúa cuando se hayan completado todas estas propiedades y las dimensiones, lo que proporciona el análisis de los elementos estructurales, la resistencia que la estructura y el punto el cual se debe mejorar en el edificio.

2.3.6.1. Comportamiento Estructural

Para valorar la condición global de un edificio desde la perspectiva de su comportamiento sísmico se necesario considerar tres parámetros tales como la seguridad de la construcción, los elementos estructurales y no estructurales y las condiciones propias del suelo. Otro parámetro a tener en cuenta son las condiciones actuales, vinculadas con la calidad de los materiales de la edificación, las irregularidades horizontales y verticales del edificio y su configuración estructural, mismas que son características que ayudan a determinar si el edificio necesita reforzamiento (Carreño et al., 2011, p. 279).

2.3.6.2. Cargas de la Edificación

Las cargas de una edificación son las que afectan directamente a las estructuras cuando sucede un evento sísmico. De acuerdo con la NEC (2014), “Constituye un marco general para el calculista y diseñador de las estructuras”. Las siguientes cargas son las que se deben considerar en el cálculo y diseño de cualquier tipo de estructuras:

- Cargas permanentes, consideradas cargas muertas.
- Cargas variables, consideradas cargas vivas.
- Cargas accidentales, consideradas cargas sísmicas.

Las construcciones deben estar diseñadas para resistir las combinaciones de todas las cargas mencionadas anteriormente.

La NEC (2014) señala que “Las cargas permanentes o cargas muertas están formadas por el peso de todos los elementos estructurales tales como: muros, paredes, recubrimientos,

instalaciones sanitarias, eléctricas, máquinas y todo artefacto que se encuentre integrado permanentemente en la estructura” (p.5).

La carga viva o sobrecarga de uso, se refiere a las sobrecargas que se utiliza en el cálculo, dependiendo de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por el peso de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales. (NEC, 2014, p. 5).

2.3.6.3. Periodo de Vibración

El valor del periodo fundamental de vibración de las edificaciones varía según el tipo de suelo en que se apoya. un edificio cimentado sobre roca o suelo duro se comportará como un voladizo perfectamente asentado en la base y tendrá su menor periodo de vibración, pero cuando el suelo es blando se deforma con las vibraciones el conjunto suelo-edificio se torna más flexible y el periodo se incrementa y deforma la base del asentamiento (Domínguez Caicedo, 2014, p. 6).

2.3.6.4. Torsión

Desde la posición del (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023)“Se puede considerar que una excentricidad entre el centro de rigidez y el centro de masa es alta cuando sobrepase el 10% de la dimensión en planta que se esté estudiando” (p.22).

2.3.6.5. Modos de Vibración

Ante la eventualidad de un sismo, una edificación, al igual que todos los cuerpos materiales, responderá vibrando u oscilando de varios modos o formas; estas formas de vibrar se conocen como modos de vibración. Los modos de vibración se producen a diferentes

períodos, por lo que, durante un acontecimiento sísmico, pueden afectar en mayor o menor porcentaje a la edificación, dependiendo de la frecuencia del sismo. (CEVALLOS BARZALLO, 2017, p. 33).

Según REA ANALUIZA & TAMAMI LLACHUMA (2023)

- Sismo X (Modo 1)
- Sismo X (Modo 2)
- Sismo Y (Modo 1)
- Sismo Y (Modo 2)

En los resultados de la acción sísmica se consideran mínimo dos estados para el cálculo del diseño estructural (p.55).

2.4. Marco Legal

El presente trabajo de titulación está regido bajo los siguientes instrumentos de leyes:
Constitución de la República del Ecuador, Sección IX GESTIÓN DE RIESGOS

2.4.1. Constitución de la República del Ecuador

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

(CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008, p. 63).

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:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, tanto internos como 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, de forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

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

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 acciones necesarias para reducir la vulnerabilidad, prevenir, mitigar, atender y recuperarse de eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008, p. 63).

Art. 390.- Los riesgos se gestionan bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean suficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008, p. 63).

2.4.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción

Art. 1.- Aprobación y Oficialización. - Por el presente Acuerdo el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda aprueba y oficializa el contenido de las normas NEC-SE-CG Cargas (no sísmicas), NEC-SE-DS Cargas sísmicas y diseño sismo resistente, NEC-SE-RE Rehabilitación sísmica de estructuras, NEC-SE-GM Geotecnia y diseño de cimentaciones, NEC-SE-HM Estructuras de hormigón armado, Y, NEC-SE-MP Estructuras de mampostería estructural, relacionadas con la seguridad estructural de las edificaciones, las cuales integran la norma ecuatoriana de Construcción NEC, y se dispone su difusión y promoción. Las ejecuciones de las acciones pertinentes para el cumplimiento de este Acuerdo se delegan a la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, en coordinación con los órganos de la Función Ejecutiva y otras relacionadas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014, p. 3).

Art. 2.- Contenido. - el contenido detallado y pormenorizado de las normas que se oficializan. Relacionadas con la seguridad estructural, el cálculo y el dimensionamiento para el diseño sismo resistente de las edificaciones, mismas que se integrarán a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC:

1.NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas): Contempla los factores no sísmicos que deben aplicarse para el cálculo estructural de las edificaciones, así como propiedades físicas y mecánicas de los materiales a tener en consideración en el comportamiento estructura. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014, p. 3).

2. NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas y Diseño Sismo Resistente: este parámetro contiene requerimientos técnicos y metodologías que deben ser aplicadas para el diseño sismo-resistente de las edificaciones, estableciéndose como un conjunto de especificaciones básicas y mínimas adecuadas para el cálculo y el dimensionamiento de las edificaciones que se encuentran sujetas a

los efectos de sismos o terremotos en algún momento de su vida útil. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014, p. 3).

3. NEC-SE-RE: Rehabilitación Sísmica de Estructuras: Está vinculada con las normas NEC-SE-DS para la rehabilitación sísmica de edificios existentes (evaluación y diseño de sistemas para optimizar estructuras), así como establece los lineamientos para la evaluación del riesgo sísmico en edificios, incluyendo parámetros para realizar una inspección y una evaluación rápida de estructuras con la valoración probabilística de las pérdidas materiales para una gestión efectiva del riesgo sísmico. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014, p. 3).

4. NEC-SE-GM: Geotecnia y Diseño de Cimentación: Contempla criterios básicos a utilizarse en los estudios geotécnicos para edificaciones, basándose en la investigación del subsuelo, geomorfología del sitio y características estructurales de la edificación; provee recomendaciones geotécnicas de diseño para cimentaciones futuras, rehabilitación o reforzamiento de edificaciones existentes. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014, p. 3).

5. NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado: Contempla el análisis de los elementos estructurales de hormigón armado (pórticos especiales y/o muros estructurales) para edificaciones, en cumplimiento con las especificaciones técnicas de normativa nacional e internacional. Establece una clasificación para las estructuras de hormigón armado en función del mecanismo dúctil esperado en tablas y cuadros de aplicación al momento del diseño. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014, p. 3).

6. NEC-SE-MP: Estructuras de Mampostería Estructural: Contempla criterios y requisitos mínimos para el diseño y la construcción de estructuras de mampostería estructural en estrecha correlación con el resto de los capítulos contemplados en la NEC, para lograr un comportamiento

apropiado bajo condiciones de carga vertical permanente o transitoria, bajo condiciones de fuerza laterales de viento o sino y bajo estados ocasionales de fuerzas atípicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014, p. 3).

2.5. Marco Conceptual

“Vulnerabilidad: condiciones establecidas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que incrementan la susceptibilidad de una persona, comunidad, bienes y servicios, que pueden ser impactados por efectos de las amenazas” (UNISDR – Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres, Asamblea General, Naciones Unidas, 2016, como se citó en SNGR, 2018, p. 14)

Amenaza Sísmica: se podría definir al peligro o amenaza sísmica como la probabilidad de que en un sitio de interés se excedan ciertos valores de intensidad en un lapso dado; es decir, conocer la frecuencia y severidad de los posibles eventos. (Quinde & Reinoso, 2016, p. 7).

“Reducción de Riesgos: marco conceptual de elementos que tienen la función de minimizar vulnerabilidades y riesgos en una sociedad para evitar (prevención) o limitar (mitigación y preparación) el impacto adverso de amenazas, dentro del amplio contexto del desarrollo sostenible” (UNISDR – Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres, Asamblea General, Naciones Unidas, 2016, como se citó en SNGR, 2018, p. 12).

“Sismos: los sismos, temblores o terremotos son fenómenos geológicos que ocurren repentinamente producto de la liberación de energía acumulada en una zona del interior de la tierra” (Chuy, 2013, como se citó en Cedeño Figueroa, 2023, p. 17).

Esclerómetro: conocido como martillo de rebote Schmidt, es un ensayo no destructivo que permite medir la dureza de una superficie, proporcionando un método rápido y sencillo para

verificar la uniformidad del concreto, mediante lectura del número del rebote, así como también estimar la resistencia del concreto. (Hernández Ávila et al., 2018, pág. 60).

Según Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Publicas (2021) menciona que **“Estructura:** es un conjunto de elementos vinculados entre sí con la capacidad de soportar las fuerzas que inciden sobre ellas, manteniendo su forma. Las fuerzas que actúan sobre las estructuras se denominan cargas o acciones”

“Edificio: un edificio es una construcción fija que se utiliza como vivienda humana o que permite la realización de distintas actividades” (Pérez Porto & Merino, 2022).

“Sistema estructural: se refiere a una configuración de elementos al interior de la estructura que, individualmente, pueden soportar un tipo de carga específica y en conjunto garantizan la resistencia y el comportamiento esperado en una estructura” (Ceballos , 2019).

Hormigón armado: es una combinación de hormigón de cemento tradicional, reforzado con barras de acero. El resultado es un material con alta resistencia, tanto a la compresión como tracción, motivo por el cual el hormigón armado es utilizado en todo tipo construcción. (INGENIEROS ASESORES, 2025).

“Losas: la losa es una estructura horizontal plana de hormigón armado que separa un nivel de otro en una construcción” (Aceroform, 2023).

“Cadena: es un elemento lineal, generalmente de hormigón, armado con apoyo continuo” (Andrade, 2014, p. 21).

Contrapiso: el contrapiso es la primera capa que se realiza en contacto con la tierra para todo tipo de construcción. Su función principal es la de crear un aislamiento ya sea térmico como acústico utilizando como material principal, el hormigón que permita también nivelar el terreno. (GORDILLO, 2018).

“Escaleras: son un grupo de peldaños o escalones que unen dos planos a distinto nivel en una construcción o terreno, y se utilizan para subir y bajar” (Álvarez González, 2020, p. 2).

“Cimentación: cimentación hace referencia al conjunto de elementos estructurales, cuya función consiste en conectar y transmitir las cargas de la construcción al suelo” (INGENIEROS ASESORES, 2023).

“Columnas: se refiere a un elemento lineal requerido primordialmente por cargas de compresión en su propio eje, generalmente se encuentra en posición vertical” (Andrade, 2014, p. 21).

“Vigas: es un elemento lineal solicitado primordialmente por cargas perpendiculares a su eje, sus esfuerzos correspondientes son de flexión. Generalmente tienen posición horizontal” (Andrade, 2014, p. 20).

“Mampostería: conjunto trabado de piezas asentadas con mortero” (NEC, 2014, p. 9).

“Forjados: son los elementos que soportan las cargas existentes y las transmiten al terreno a través de vigas, pilares, muros y cimentación” (INGENIEROS ASESORES, 2025).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. *Investigación Descriptiva*

La investigación descriptiva tiene como objetivo describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes. (Guevara Alban, Verdesoto Arguello, & Castro Molina, 2020, p. 164).

Este estudio se enfoca en examinar las diversas cualidades del sistema estructural del edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, incluyendo aspectos como: año en que fue construido, clase de suelo, modalidad de construcción, materiales utilizados, etc.

3.1.2. *Investigación de Campo*

La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin alterar o controlar ninguna variable, es decir, el investigador recoge la información, pero no altera o modifica las condiciones existentes (Arias, 2012, p. 31).

Con base al tipo de investigación se realizará toma de muestras y datos en campo en el lugar de estudio, de tal manera que los datos serán confiables, por lo tanto, los resultados a obtener, ayudarán a establecer medidas de fortalecimiento estructural que permitan mejorar la resiliencia del edificio ante sismos, garantizando su adecuada funcionalidad y seguridad para la comunidad universitaria.

3.2. Enfoque de la Investigación

3.2.1. Enfoque Cualitativo

Este tipo de enfoque se apoya en la recolección y resumen de datos cualitativos por medio de actividades de campo, como la realización de entrevistas, así como la observación directa y el análisis documental. Sus objetivos principales son describir y explorar la conducta humana en contextos específicos con la finalidad de descubrir patrones, temas y cualidades comunes en todas las sociedades. (Pimienta Prieto & De la Orden Hoz, 2017, p.61).

3.2.2. Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Hernández Sampieri, 2014, p. 4).

En concordancia con la naturaleza de la investigación, corresponde a un enfoque mixto, cuantitativo y cualitativo, cuantitativo debido a la expresión numérica del modelamiento sísmico del edificio de la Facultad Ciencias de la Educación, mediante el software Cypecad y cualitativo porque se determinará el grado de vulnerabilidad estructural a partir de los parámetros establecidos en el formulario del FEMA-154, ya que según la ponderación de esta inspección será catalogada en niveles de vulnerabilidad.

3.3. Métodos de Investigación

La estimación de la vulnerabilidad se llevará a cabo mediante dos métodos que ayudan a establecer la fragilidad de las estructuras a través de propiedades físicas y datos estadísticos ante un riesgo sísmico. Por esta causa se integra el método cualitativo con el cuantitativo: (Moposita Romero , Guaranga Bayas, Mas Camacho , & Noboa Flores , 2021)

3.3.1. Método Cualitativo

A través de este método se pretende establecer, reconocer y observar los factores relacionados con la evolución de las propiedades del comportamiento de los componentes estructurales y su respuesta ante situaciones desfavorables. El propósito del formulario FEMA 154 es llevar a cabo un análisis de todas las propiedades de la construcción que son esenciales para valorar la susceptibilidad frente a un riesgo sísmico, tales como:

Tipología estructural

Altura del edificio

Irregularidad de planta y elevación

Código de la construcción

Tipo de suelo

Después de describir las propiedades de la construcción, se considera el factor que presente la mayor susceptibilidad a desplomarse durante un sismo.

3.3.2. Método Cuantitativo

Este método facilita la recolección de información estadística con el fin de examinar, estudiar y verificar el grado de susceptibilidad al que se enfrenta la construcción. Para esto, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

3.3.3. Ensayo del Esclerómetro

Este ensayo facilita llevar a cabo una evaluación de la resistencia del concreto, utilizando un valor promedio de 210 kg/cm², siguiendo los estándares de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC). Por tanto, los hallazgos que se observaron en este ensayo serán incorporados en el software, con el fin de identificar la condición de la estructura frente a un riesgo sísmico.

3.3.4. Software CYPECAD

El software CYPECAD posibilita llevar a cabo un modelado y simulación del comportamiento sísmico de una edificación, mientras que simultáneamente realiza un cálculo del edificio que se está analizando. En la investigación se expondrán todos los pasos a seguir en el programa CYPECAD, los cuales se llevarán a cabo según el Código de Construcción de Ecuador (NEC) 2014. El inmueble de la Facultad Ciencias de la Educación se compone de cuatro niveles: el primero está destinado a eventos de índole educativa, el segundo alberga oficinas administrativas y salones de clases, el tercer y cuarto nivel es usado para actividades académicas.

Para hacer el modelado del inmueble, primero se determinará la resistencia del hormigón, viga, columnas, mediante la herramienta esclerómetro. Para examinar la etapa mencionada se debe establecer lo siguiente:

Cálculo de carga muerta

Cálculo de carga viva

Cálculo de carga sísmica

La implementación de estos procedimientos genera un progreso tecnológico en las investigaciones de análisis de vulnerabilidad estructural de un inmueble, definiendo propiedades y parámetros calificativos, que facilitan la identificación de su vulnerabilidad, con el objetivo de

obtener resultados fiables para poder poner en práctica acciones de mitigación y reforzamiento estructural.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Para el levantamiento de información se utilizó herramientas e instrumentos que se detallan a continuación.

3.4.1. La técnica e instrumento que se utilizó para el objetivo 1

- **Instrumento:** formulario FEMA -154, lápiz, borrador, celular para tomar fotografías y georreferenciación.
- **Técnica:** Se realizó una observación directa del edificio para conocer el estado actual de vulnerabilidad sísmica.

3.4.2. Las técnicas e instrumentos que se utilizaron para el objetivo 2

Ensayo no destructivo

- **Instrumento:** esclerómetro (sirve para medir la resistencia del concreto).
- **Técnica:** análisis de los resultados para determinar la resistencia del concreto.

Modelamiento estructural

- **Instrumento:** software Cypecad.
- **Técnica:** creación de un modelo tridimensional del edificio, que simula la respuesta y comportamiento ante escenarios sísmicos.

3.4.3. La técnica e instrumento que se utilizó para el objetivo 3

Recopilación de información de los resultados de los objetivos 1 y 2

- **Instrumento:** computadora
- **Técnica:** revisión de resultados del formulario FEMA 154, software Cypecad, para identificar medidas a proponer, según la necesidad de los resultados.

3.5. Universo, Población y Muestra

Para el universo se tomó en cuenta el edificio de la Universidad de la Facultad de Ciencias Educativas, Sociales, Filosóficas y Humanísticas Estado de Bolívar, situado en la ciudad de Guaranda, es un edificio adecuado para llevar a cabo evaluaciones de vulnerabilidad, debido a que dentro de los temas de estudio se toma en cuenta los elementos estructurales: losas, niveles, entrepisos, vigas y escalones, por lo tanto, no se consideró la población ya que, no se realizó encuestas ni entrevistas al personal administrativo, docentes y estudiantes.

3.6. Técnicas de Análisis y Procesamiento de la Información

Para elaborar el objetivo 1: **“Analizar la tipología estructural con una inspección visual, con el fin de obtener información detallada del edificio, mediante la utilización de la metodología FEMA 154.”**, se realizó una inspección visual con la metodología FEMA 154, la cual consiste de un formulario que ayuda a identificar la tipología estructural, uso y ocupación, tipo de suelo, y en caso de que el edificio de estudio sea irregular en planta o elevación se procederá a llenar los parámetros correspondientes a edificios irregulares, luego de obtener todos estos valores ya cuantificados se realiza el procesamiento de datos con una suma de cada uno de los valores de los parámetros establecidos en el formulario, con la finalidad de determinar si el edificio está expuesto a una vulnerabilidad sísmica.

Para elaborar el objetivo 2 **“Modelar el comportamiento del edificio ante un sismo, mediante la evaluación estructural, a través del software (Cypecad) en función de las diversas condiciones de carga de la estructura.”** Se utilizó el programa Cypecad versión 2024, el cual se utiliza para realizar procesamiento de estructuras (edificios, casas, cubiertas, instalaciones eléctricas, estructuras metálicas), para ello se necesita contar con los planos ya sean arquitectónicos o estructurales, para la introducción de estos planos en el software, se parte desde

la especificación de los datos generales, en los que se determina el tipo de estructura, norma que se va utilizar, la hipótesis sísmica a considerar, posterior al ingreso de datos generales se realiza la introducción de niveles, pilares, vigas, losas y escaleras, luego se correrá el programa, el cual calculará cada una de los parámetros, guiándose en la información introducida, para obtener el nivel de torsión y desplazamiento del edificio, con la finalidad de determinar el comportamiento sísmico del edificio.

Para elaborar el objetivo 3 **“Proponer medidas de fortalecimiento estructural que permitan mejorar la resiliencia del edificio ante sismos, garantizando su adecuada funcionalidad y seguridad para la comunidad universitaria.”**, se podrá proponer medidas de fortalecimiento y medidas para garantizar la funcionalidad y seguridad de la comunidad universitaria, mediante los resultado del objetivo 2, el cual consiste en modelar el edificio para obtener el comportamiento estructural ante un sismo que podría afectar la funcionalidad y utilización de las instalaciones.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

4.1.1. Resultado del objetivo 1

“Analizar la tipología estructural mediante una inspección visual, con el fin de recopilar información del edificio, a través del uso de la metodología FEMA 154.”,

Para el objetivo 1 se ejecutó una visita de campo y una inspección visual del edificio, con la finalidad de obtener información con base a la metodología FEMA 154 mediante el formulario, mismo que ayuda a identificar datos generales de la edificación, datos de construcción, tipología estructural (irregularidades, código de construcción, suelo), para establecer el nivel de vulnerabilidad sísmica.

La estructura objeto de análisis cuenta con 4 pisos, es una estructura tipo C1, estructura de concreto resistente a momento, fue construida en el año 1995, sobre un suelo tipo D (suelo duro), debido a que fue un relleno y tuvo compactación, no presenta riesgos geológicos, su ocupación es educacional o educativa, presenta peligros de caída de exteriores como apéndices y parapetos.

De acuerdo con la metodología que proporciona la FEMA P-154 es una estructura tipo C1 (Estructura de concreto resistente a momento), con un puntaje básico de 1.7 y un puntaje mínimo de 0.3. Para su puntaje final, se aplicó los siguientes modificadores según el formulario de Nivel 1 (Moderadamente Alta sismicidad).

- Pre-código moderno (construido ante del 2001) o auto construcción = -0,4
- Suelo tipo D = 0

El puntaje final, luego que se aplican los modificadores se obtiene un resultado de 1,3 indicando que el valor o puntaje mínimo 0,3 es menor que el puntaje final, es decir **Nivel 1**

SL1>Smin (1,3>0,3) determinando un nivel de Baja vulnerabilidad estructural, pero se debe tomar en cuenta el código de construcción, ya que es fundamental en la actualidad al momento de la construcción de edificaciones, para poder prevenir el colapso de infraestructuras en caso de eventos sísmicos.

A continuación, se presentan la evaluación de la edificación de estudio según los parámetros del FEMA P-154:

CONSEJO TÉCNICO DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO

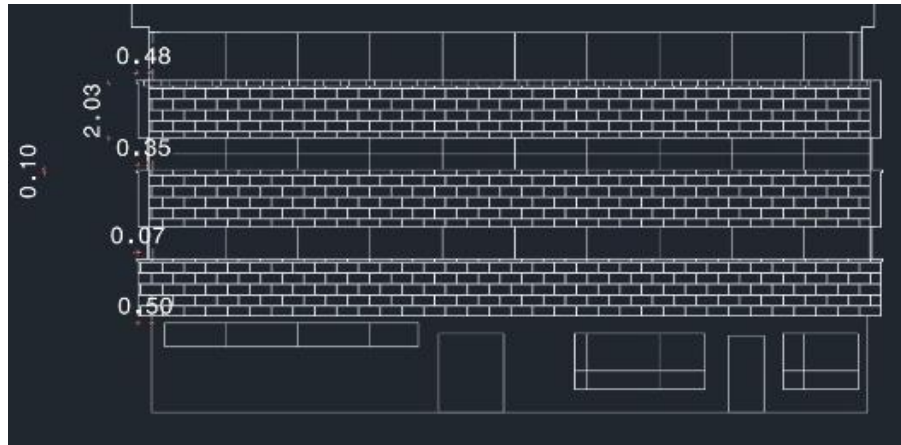
Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES
Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154

Nivel 1
Moderadamente Alta sismicidad

100 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE

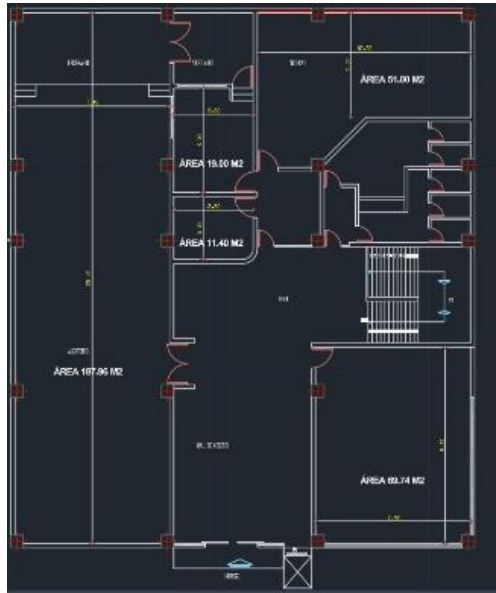


101	DATOS EDIFICACIÓN			
102	Nombre de la Edificación:	Facultad Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas, y Humanísticas		
103	Dirección:	Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira Guaranda, Ecuador		
104	Sitio de referencia:	Sector UEB	105	Código Postal 020101
106	Tipo de uso:	Educativo		
107	Latitud:	-79.00772	108	Longitud: 9826294
107A	Zona:	5	107B	Norte: 108A Este:
109	Ss:	0,35	110	S1: 0,40
111	DATOS DEL PROFESIONAL			
112	Nombre del evaluador:	Reinoso Torres Edwin Elian & Zurita Guamarica Joselin Marilu		
113	Cédula del evaluador	1900775634 0202274437	115	Fecha 25/09/20224
114	Registro SENESCYT		116	Hora: 14:00 pm
117	DATOS CONSTRUCCIÓN			
118	Número de Pisos:	4 pisos		
119	Sobre el Suelo	4 pisos	120	Bajo el Suelo Ninguno
121	Año de construcción:	1995	122	Área de Construcción 777m ²



ESQUEMA ESTRUCTURAL EN ELEVACIÓN

123	Código Año:		Pre-código o Autoconstrucción			124	Año(s) Remodelación:	Ninguno						
124	Adiciones:	Ninguna	X	SI		125	Número de Predio							
						126	Clave Catastral							
200	OCUPACIÓN:													
201	Asambleas		Comercial			Servicio de Emergencia								
202	Industria		Oficina			Educación		X						
203	Utilidad		Almacén			Residencial #								
203A	Histórico		Albergue			Público								
204	TIPO DE SUELO:													
204A		A		B		C	X	D		E		F		DNK
204B	Roca Dura	Roca Débil		Suelo Denso		Suelo Duro		Suelo Blando	Suelo Pobre		Si DNK,			
204C	Asumir tipo D													
205	RIESGOS GEOLÓGICOS													
206	Licuefacción:			Deslizamiento:			Ruptura de Superficie:							
206A	SI			SI			SI							
206B	NO			X			NO		X		NO			X
206C	DNK			DNK			DNK							
207	Adyacencia													
	207A	Golpes			207B	Peligro de caída del Edificio Adyacente								
208	Irregularidades:													
208A	Elevación (Tipo/severidad): No presenta irregularidades en elevación													
	Planta (Tipo): No presenta irregularidad en planta													
209	Peligro de Caída Exteriores													


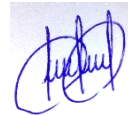


ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN

209A	Chimeneas sin soporte lateral	209D	Apéndices	X
209B	Reves pesado o de chapa de madera pesada	209E	Parapetos	X
209C	Otros: Daños en la fachada de la entrada principal			
210	COMENTARIOS			
	<ul style="list-style-type: none"> Edificio construido con un pre código moderno antes del año 2001 Empresa que construyó el edificio dejó de existir hace 15 años aproximadamente entre el 2008 -2009 No existen planos estructurales en digital, pero existen planos arquitectónicos Se cuenta con los planos arquitectónicos en digital 			
	Dibujos o comentarios en una página aparte			

300	TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL				
301	Pórticos de Madera Livianos viviendas multifamiliares de uno a 2 pisos	W1	309	Pórtico Hormigón Armado	C1
302	Pórticos de madera Livianos múltiples unidades, múltiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m2	W1A	310	Pórtico H. Armado con muros de corte	C2
303	Pórticos de madera para edificios comerciales e industriales con un área de piso mayor a 500m2	W2	311	Pórtico H. Armado con mampostería de relleno sin refuerzo	C3
304	Pórtico Acero Laminado (Pórtico Resistente a Momento)	S1	312	Losas Prefabricada de Hormigón (Tilt-up)	PC1
305	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2	313	Pórtico de H. Armado prefabricados	PC2
306	Pórtico Acero Liviano o Conformado en frío	S3	314	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles	RM1
307	Pórtico Acero Laminado con muros estructurales hormigón	S4	315	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos	RM2
308	Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque	S5	316	Edificios de Mampostería no reforzada	URM
			317	Vivienda prefabricada	MH

400	PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1																	
401	PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)	TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL																
		W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
				(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URMING)	(MRF)	(SW)	(URMINF)	(TU)		(FD)	(RD)			
402	PUNTAJE BÁSICO	4,1	3,7	3,2	2,3	2,20	2,9	2,2	2	1,7	2,1	1,4	1,8	1,5	1,8	1,8	1,2	2,2
403	IRREGULARIDADES																	
403 ^a	Irregularidad vertical Grave, VL1	-1,3	-1,3	-1,3	-1,1	-1	-1,2	-1	-0,9	-1	-1,1	-0,8	-1	-0,9	-1	-1	-0,8	NA
403B	Irregularidad vertical Moderada, VL1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	NA
404C	Irregularidad en planta, PL1	-1,3	-1,2	-1,1	-0,9	-0,8	-1	-0,8	-0,7	-0,7	-0,9	-0,6	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	NA
405	CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN																	
405A	Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,8	-0,9	-0,9	-0,5	-0,5	-0,7	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,4	-0,3	-0,5	-0,5	-0,1	-0,3
405B	Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
405C	Post código moderno (construido a partir de 2015)	1,5	1,9	2,3	1,4	1,4	1	1,9	NA	1,9	2,1	NA	2,1	2,4	2,1	2,1	NA	1,2
406	SUELO																	
406A	Suelo Tipo A o B	0,3	0,6	0,9	0,6	0,9	0,3	0,9	0,9	0,6	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,6	0,9
406B	Suelo Tipo D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
406C	Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	0	-0,4	-0,5	-0,2	-0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,5
406D	Tipo de suelo E (>3 Pisos)	-0,5	-0,8	-1,2	-0,7	-0,7	NA	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,4	NA	-0,5	-0,6	-0,7	-0,3	NA
407	Puntaje Mínimo	1,6	1,2	0,8	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,4
408	PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1 > SMIN																	
500	GRADO DE REVISIÓN	600 OTROS RIESGOS:						700 ACCIÓN REQUERIDA:										
501	Exterior:																	
		¿Hay peligro que ameriten una evaluación estructural detallada?						¿Requiere evaluación estructural detallada?										
		Parcial	X	Todos los Lados		Aéreo												
		701						X Si, tipo de edificación FEMA desconocido u otro edificio										

502	Interior: _____	601		Golpeo Potencial (a menor que SL2>limite, si es conocido)	702		Si, puntaje menor que el límite
	<input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Visible <input checked="" type="checkbox"/> Completo	602		Riesgo de caída de edificios adyacentes más altos	703		Si, otros peligros presentes
503	Planos revisados: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No				704		NO
504	Fuente del Tipo de suelo: Tesis "Estimación del periodo dominante del suelo en la gestión de riesgos en la zona urbana de Guaranda, Ecuador"	603		Riesgo geológico o tipo de Suelo F			¿Evaluación no estructural detallada recomendada? (marque con una x)
505	Fuente del Peligro Geológico: <input type="checkbox"/> DNK				705	<input checked="" type="checkbox"/>	Si, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
506	Personas de Contacto: <u>Ing. Marysable Barragán</u>	604	<input checked="" type="checkbox"/>	Daño significativo/deterioro del sistema estructural	706		No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada
	Celular: _____				707		No, no se identifican peligros no estructurales
	Correo: _____				708		DNK= no conoce
Quando los datos no pueden ser verificados, el inspector deberá anotar lo siguiente: EST=Estimado o dato no fiable O DNK= No conoce							
800	OBSERVACIONES:			<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Reinoso Torres Edwin Elian </div> <div style="text-align: center;">  Zurita Guamarica Joselin Marilu </div> </div> <p style="text-align: center;">FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN</p>			
Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook. 3th edition. FEMA & NEHRP report, ATC, California Modificado: Diciembre, 2021				Modificado por: Ing. Paúl Olmedo Revisado por: Ing. Jacobo Moral Aprobado por: Ing. Jacobo Moral SHEP- MIDUVI			

CONSEJO TÉCNICO DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO

Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES		Nivel 2 (Opcional)	
Formulario de recopilación de datos DE FEMA P-154		Moderadamente Alta sismicidad	
Recopilación de datos de Nivel 2 opcional para ser realizada por un profesional de ingeniería civil o estructural, arquitecto o estudiante de posgrado con experiencia en evaluación sísmica o diseño de edificios.			
Nombre de Bldg: Facultad Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas, y Humanísticas	Puntuación de Nivel Final 1:	$L_I = -1,3$	<i>(no considere S_{MIN})</i>
Inspector: Reinoso Torres Edwin Elian y Zurita Guamarica Joselin Marilu	Modificadores de irregularidad de nivel 1:	<i>Irregularidad vertical, $V_{LI} =$</i>	<i>Irregularidad en Planta $P_{LI} =$</i>
Fecha/Hora: 25/09/2024 – 14:00 pm	PUNTAJÓ N DE LÍNEA DE BASE AJUSTADA:	$S' (S_{LI} - V_{LI} - P_{LI})?$	
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AGREGAR AL PUNTAJE BÁSICO AJUSTADO			
Tema	Instrucción <i>(Si el enunciado es verdadero, encerrar el modificador "Si"; de lo contrario tache el modificador.)</i>	í	Subtotales
Sitio inclinado	Edificio W1: Hay al menos un piso completo con cambio de pendiente del suelo de un lado al otro del edificio.	13	
	Edificio que no es W1: Hay al menos un piso completo con cambio de pendiente del suelo de un lado al otro del edificio.	03	

Vertical Irregularidad, VL2	Piso blando y/o débil (<i>circule un máximo</i>)	Edificio W1 muro atrofiado: Es visible a través del espacio de revisión un muro corto sin refuerzo.	0.6
		Casa W1 sobre garaje: Debajo de un piso ocupado, hay un garaje abierto sin un marco de momento de acero, y hay menos de 20cm de pared en la misma línea (para varios pisos ocupados por encima, utilizar 40cm de pared mínimo).	1.3
		Edificio W1A abierto frontalmente: Hay aberturas en la planta baja (por ejemplo, como un parqueadero) supera más del 50% del ancho total del edificio	1.3
		Edificio no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor al 50% del piso superior o la altura de cualquier piso 2,0 veces es mayor de la altura del piso anterior.	1
		Edificio no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso está entre el 50% y el 75% la longitud del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.	0.5
	Entradas	Los elementos verticales del sistema lateral situados en un piso superior están afuera del piso inferior causando un diafragma en voladizo en el desfase.	1
		Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están situados en el interior del piso inferior.	0.5
		Hay un desfase en plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos.	0.3
	Columna corta / Pilar Corto	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de una línea de columna en el sistema lateral tienen relaciones de altura/profundidades inferiores al 50% de la longitud nominal en ese nivel.	0.5
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	0.5
Nivel dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles del suelo o en el techo.	0.5	

	Otro	Hay otra irregularidad vertical grave observable que obviamente afecta el desempeño sísmico del edificio.			VL2
	Irregularidad	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.		0.5	= _____ Límite: -1.3
Irregularidad en Planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no parece relativamente bien distribuido en planta en una o ambas direcciones. <i>(No incluir la irregularidad frontal abierta WIA enumerada anteriormente.)</i>			0.8	PL2 = _____ Límite -1.3
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			0.4	
	Esquina entrante: Ambas proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión total en planta en esa dirección.			0.5	
	Apertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			0.3	
	Edificio C1, C2 con desfase fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas del plano.			0.4	
	Otra irregularidad: Hay otra irregularidad en planta observable que obviamente afecta el desempeño sísmico del edificio.			0.8	
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.			0.3	
Golpeteo	El edificio está separado de una estructura adyacente en menos del 0,5% de la altura del edificio más bajo y la estructura adyacente:	Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0.60m.		1.2	Límite en la suma de modificaciones de res de
		Un edificio es 2 o más pisos más alto que el otro.		1.2	
		El edificio está al final de la cuadra o filas del edificio		0.6	

		golpes en - 1.3)		
Edificio S2	Es visible una geometría de arriostamiento "K".		1,2	
Edificio C1	La losa plana sirve como viga en el marco de momento.		0,5	
PC1/RM 1 Bldg	Hay amarres de techo a pared que son visibles o conocidos a partir de planos que no dependen de la flexión de grano cruzado. <i>(No combinar con modificador posterior al punto de referencia o retrofit.)</i>		0,4	
PC1/RM 1 Bldg	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciadas y de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén).		0,4	
URM	Las paredes a dos aguas están presentes.		0,5	
MH	Hay un sistema de refuerzo sísmico suplementario previo entre el transporte y el suelo.		0,2	
Modificación	El reacondicionamiento sísmico completo es visible o conocido a partir de planos		0,4	M =
NIVEL FINAL 2 SCORE, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:			(Transferir al forma de Nivel 1)	
<p>Hay daños o deterioro observables u otra condición que afecta negativamente el desempeño sísmico del edificio:</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">X</div> I <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> </div> o </div> <p><i>En caso afirmativo, describa la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indique en el formulario de Nivel 1 que se requiere una evaluación detallada independientemente de la puntuación del edificio.</i></p>				

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES				
Ubicación	Declaración (Marque "Sí" o "No")	Sí	No	Comentario
Exterior	Hay un parapeto de mampostería no reforzado o una chimenea de mampostería no reforzada sin anclaje	X		Están reforzadas
	Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.		X	
	Hay un pabellón pesado, puertas de salida o pasarelas peatonales que parecen insuficientemente apoyadas.		X	
	Hay un apéndice de mampostería no reforzado sobre las puertas de salida o pasarelas peatonales.		X	Apéndices en la puerta principal y puerta de salida
	Hay un letrero en el edificio que indica que hay materiales peligrosos.		X	
	Hay un edificio adyacente más alto con una pared URM anclado o un parapeto URM no anclado.		X	
	Otros peligros de caída no estructurales exteriores observados:	X		
Interior	Hay baldosas de arcilla hueca o tabiques de ladrillo en cualquier escalera o pasillo de salida.	X		Ladrillo en las gradas
	Otro peligro de caída no estructural no estructural del interior observado:		X	
Desempeño sísmico no estructural estimado (Marque la casilla apropiada y transfiera a conclusiones del formulario de nivel 1)				
		Evaluación no estructural detallada recomendada		

<input type="checkbox"/>	Potenciales peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes	Pero no se requiere una evaluación no estructural detallada baja o ninguna amenaza no estructural para la seguridad de la vida de los ocupantes
<input type="checkbox"/>	Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes	Pero no se requiere una evaluación no estructural detallada baja o ninguna amenaza no estructural para la seguridad de la vida de los ocupantes
<input checked="" type="checkbox"/>	Pocos o ningún peligro no estructural que amenaza la seguridad vital de los ocupantes	No se requiere una evaluación no estructural detallada
<p>COMENTARIOS:</p> <p>El edificio de la Facultad Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas, no aplica ningún parámetro establecido en el formulario, debido a que no presenta irregularidades en planta ni elevación, redundancia, golpeteo etc.</p> <p>El resultado de la evaluación visual fue de 1.3, el cual es considerado baja vulnerabilidad debido a que, $SL1 > S_{min}(1)$, por lo que el edificio necesita contantes revisiones, posterior a presentarse un sismo.</p>		
<p>Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook. 3th edition.</p> <p>FEMA & NEHRP report, ATC, California</p> <p>Modificado: Diciembre, 2021</p>		<p>Modificado por: Ing. Paúl Olmedo</p> <p>Revisado por: Ing. Jacobo Moral</p> <p>Aprobado por: Ing. Jacobo Moral</p> <p>SHEP-MIDUVI</p>

Una vez obtenido el puntaje final se define la vulnerabilidad de la estructura o la probabilidad de colapso del edificio.

Tabla 6

Puntaje Mínimo y puntaje Final.

PUNTAJE FINAL	CONSIDERACIÓN	SELECCIÓN CON (X)
Nivel 1 SL1<Smin	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial	
Nivel 1 SL1=Smin	Mediana vulnerabilidad	
Nivel 1 SL1>Smin	Baja vulnerabilidad	X

Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011). Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

El formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones con base a la FEMA-154, es utilizado para estimar rápidamente el riesgo de daño que pueden sufrir los edificios, con la finalidad de determinar si las estructuras requieren de análisis más detallados o intervención. Es un conjunto de datos y factores de vulnerabilidad, que ayudan a calcular la estabilidad del inmueble frente a sismos, está conformado por datos de la edificación con el propósito de identificar y ubicar al objeto de estudio, como el nombre, dirección, uso, zona sísmica etc. Datos del evaluador tales como nombre, cédula, fecha y hora. Datos de construcción, número de pisos que son 4 pisos, construido sobre el suelo, el año de construcción 1995, con un área de 777m², construido en el pre-código o autoconstrucción, su ocupación es educacional, con un tipo de suelo D (suelo duro), el edificio no presenta riesgos geológicos, y en cuanto a la irregularidad en planta y elevación, el inmueble no presenta irregularidad, ya que su estructura es regular

Luego de identificar los datos generales del edificio se procede a determinar la tipología estructural, para poder determinar la puntuación final y por lo tanto su vulnerabilidad. Para realizar esto se toma en cuenta los parámetros calificativos de la estructura y la tipología, misma que presenta valores ya definidos. El tipo de estructura del objeto de estudio es C1 pórtico de hormigón armado con un valor de 1,7 al ser un edificio regular, no presenta irregularidades, por lo tanto, no se selecciona ningún valor, como se identificó anteriormente en los datos generales, el código de construcción es pre-código moderno (construido antes del 2001) o autoconstrucción con un valor -0,4, el tipo de suelo identificado es D con un valor 0, para obtener el puntaje final SL1 se debe realizar una suma de todos los valores seleccionados, dando un resultado final de 1,3.

Esto se realiza a través de una inspección visual, donde se revisa o se observa la estructura del edificio, como el material de construcción, si presenta fisuras o daños por sismos anteriores, también si presenta riesgos adicionales como parapetos, fachadas que puedan caer con la presencia de un sismo de gran magnitud, con los datos recopilados y mencionados anteriormente se determina si el edificio presenta baja, media, o alta vulnerabilidad estructural, si el resultado es alta, se recomienda realizar un análisis estructural detallado y posibles refuerzos estructurales.

Los dos formularios presentados se refieren al mismo, es decir, que es todo el formulario de la FEMA -154, cabe resaltar que el nivel 2 de formulario se llena o activa cuando el edificio en estudio es irregular en elevación o en planta. Pero el edificio que se está trabajando es regular no se toma en consideración los parámetros establecidos dentro del formulario, pero es necesario y fundamental hacer constancia de todo el formulario.

4.1.2. Resultado del objetivo 2

“Modelar el comportamiento del edificio ante un sismo, mediante la evaluación estructural, a través del software (Cypecad) en función de las diversas condiciones de carga de la estructura.”

1. Datos obtenidos a través del ensayo no destructivo (esclerómetro), para determinar las condiciones de resistencia del hormigón en los elementos estructurales

Mediante el ensayo no destructivo esclerómetro, se tomó lecturas válidas para demostrar los valores aproximados de la resistencia del hormigón de los siguientes elementos estructurales como pilares y vigas; con la finalidad de verificar si la resistencia del concreto es la óptima para garantizar la seguridad de los ocupantes del edificio. En este caso se tomaron 9 muestras considerando 12 lecturas de acuerdo a la revisión bibliográfica.

2. Objetivo

Realizar ensayos de resistencia del hormigón en pilares y vigas del edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas, y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar

3. Zona de estudio

Para determinar la zona de estudio, se tomó en cuenta la ubicación, el tipo de superficie, tipo de hormigón, dirección del ensayo, por lo que se debe evitar realizar los ensayos sobre superficies que presenten texturas rugosas, alta porosidad, capas de pintura.

4. Materiales

Regla

Lápiz Mongol

Ficha de Apuntes

Celular

4.1. Equipo

Esclerómetro

Piedra Abrasiva

5. Procedimiento

Determinar el formato para la lectura de las mediciones de cada elemento estructural del edificio (**Anexo 3**)

Considerar un área lisa para tomar la lectura de la resistencia del hormigón

Preparación de la zona de ensayo en la superficie mediante la piedra abrasiva

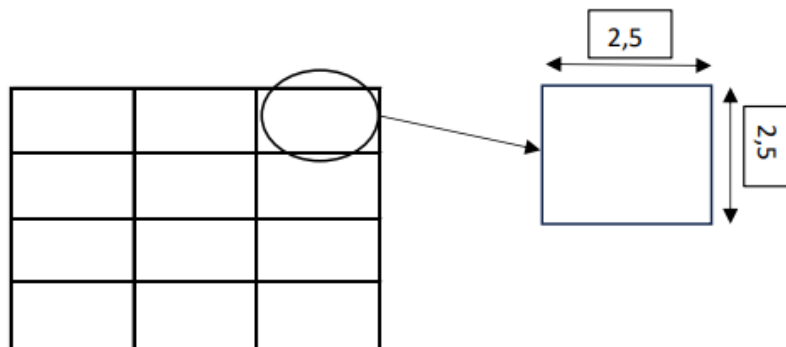
Se determinó realizar 12 lecturas de prueba rebote, con una distancia de 2,5 cm entre cada prueba, según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3121 2016-11 (Hormigón endurecido, cálculo del número de Rebote, método de Ensayo)

Posteriormente se realiza el cuadro donde se evidencia los resultados de las pruebas, como se indica en la **figura “23”**

Finalmente se realizó la prueba con el Martillo de rebote PROCEQ.

Figura 23

Medidas para la toma de muestras con el esclerómetro.



Nota. Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

1. Ensayo de cálculo de resultados de los rebotes por cada estructura del edificio.

Para poder realizar el ensayo de resistencia del hormigón del edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas, y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar, se realizó un oficio dirigido al Dr. Fabián Bayas director del Departamento de Investigación y Vinculación (**Anexo 4**), posterior al retiro del equipo, se procedió a dar en constancia por medio de oficio al decano de la Facultad del edificio de estudio el Dr. Francisco Moreno, para poder realizar los ensayos sin ningún inconveniente (**Anexo 6**).

El día 12 de noviembre del 2024 se realizó el procedimiento anteriormente mencionado, con el fin de obtener resultados, posterior a ello, calcular la resistencia de cada estructura analizada, con la que sacó un promedio del valor final de la resistencia del hormigón por grupos (columnas y vigas).

Equipo utilizado en este ensayo de resistencia del hormigón tiene las siguientes características:

Tabla 7
Características Equipo Esclerómetro.

Descripción	Marca	N° de Serie
Esclerómetro de Betón	PROCEQ	172536

Nota. Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

2. Cálculo

Para considerar los resultados de los ensayos realizados por columna y viga se realizó un promedio de todos los valores obtenidos por estructura, considerando la Norma INEN 3121, que menciona, que no puede existir más de 2 valores mayores a ± 6 con el valor del promedio de cada ensayo, en caso de existir ese inconveniente se descarta todas las lecturas. Para ellos se siguió los siguientes pasos:

Los datos obtenidos los llevamos al Excel y colocamos por orden de impacto.

Tabla 8

Resultados de las lecturas o rebotes tomados.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo
	0°
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Columna (EJE D-1)
1	29
2	30
3	32
4	32
5	34
6	30
7	30
8	27
9	36
10	38
11	38
12	38

Nota. Fuente: *Esclerómetro de Betón*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

Una vez colocados se saca el promedio de todas las lecturas

Tabla 9

Promedio de las lecturas del esclerómetro.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo
	0°
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Columna (EJE D-1)
1	29
2	30
3	32
4	32
5	34
6	30
7	30
8	27
9	36
10	38
11	38
12	38
PROMEDIO	32,83

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Se realiza una resta del valor de la lectura con el promedio para poder determinar si el valor difiere del ± 6 , como dicta la norma.

Tabla 10

Valores que difieren de ± 6 según la Norma INEN 3121.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	Columna (EJE D-1)	
1	29	3,83
2	30	2,83
3	32	0,83
4	32	0,83
5	34	-1,17
6	30	2,83
7	30	2,83
8	27	5,83
9	36	-3,17
10	38	-5,17
11	38	-5,17
12	38	-5,17
PROMEDIO	32,83	

Nota. Fuente: *Esclerómetro de Betón*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

Se determina el valor del hormigón

Tabla 11

Resultados de la resistencia del hormigón.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo
	0°
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Columna (EJE D-1)
1	29
2	30
3	32
4	32
5	34
6	30
7	30
8	27
9	36
10	38
11	38
12	38
PROMEDIO	32,83
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	269

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Se aplica el índice de corrección según el tipo de esclerómetro que se utiliza para tomar las muestras, este valor está determinado en el manual de instrucciones del esclerómetro. Luego se aplica la fórmula de corrección, misma que consiste en dar un rango de 100 a 700 como rangos mayores y menores según corresponda, se utilizó interpolación lineal, en el que se calcula que tan lejos está el valor de resistencia con los valores mencionados anteriormente, para determinar datos reales de las lecturas por estructura.

Tabla 12*Resultado del índice de corrección.*

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo
	0°
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Columna (EJE D-1)
1	29
2	30
3	32
4	32
5	34
6	30
7	30
8	27
9	36
10	38
11	38
12	38
PROMEDIO	32,83
IE CORREGIDO (x _{FC})	0,21
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	269

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Se calcula el margen de error por cada grupo de lectura, esto se hace con la condición del resultado de la resistencia del hormigón multiplicado por el índice de corrección aplicado anteriormente, para poder tener en cuenta el posible error del equipo ya que, en la norma INEN 3121, resalta que el ensayo esclerométricos no es 100% confiable, pero se utiliza porque es un método no destructivo.

Tabla 13

Margen de error por cada grupo de lectura.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo
	0°
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL
	Columna (EJE D-1)
1	29
2	30
3	32
4	32
5	34
6	30
7	30
8	27
9	36
10	38
11	38
12	38
PROMEDIO	32,83
IE CORREGIDO (xFC)	0,21
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	269
ERROR +/-	56,35

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

1. Resultados del Ensayo de Resistencia del Hormigón de columnas con el Esclerómetro

1.1. Columna (Eje D-1)

Tabla 14

Resistencia del hormigón columna eje D-1.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	Columna (EJE D-1)	
1	29	3,83
2	30	2,83
3	32	0,83
4	32	0,83
5	34	-1,17
6	30	2,83
7	30	2,83
8	27	5,83
9	36	-3,17
10	38	-5,17
11	38	-5,17
12	38	-5,17
PROMEDIO	32,83	
IE CORREGIDO (x _{FC})	0,21	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	269	
ERROR +-	56,35	

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

1.2. Columna (Eje B-1)

Tabla 15

Resistencia del hormigón columna eje B-1.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	Columna (EJE B-1)	
1	28	2,42
2	30	0,42
3	32	-1,58
4	28	2,42
5	32	-1,58
6	30	0,42
7	30	0,42
8	32	-1,58
9	30	0,42
10	32	-1,58
11	30	0,42
12	31	-0,58
PROMEDIO	30,42	
IE CORREGIDO (xFC)	0,22	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	232	
ERROR +-	51,08	

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

1.3. Columna (Eje A-1)

Tabla 16

Resistencia del hormigón columna eje A-1.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	Columna (EJE A-1)	
1	33	-2,67
2	29	1,33
3	32	-1,67
4	27	3,33
5	27	3,33
6	32	-1,67
7	29	1,33
8	31	-0,67
9	32	-1,67
10	32	-1,67
11	30	0,33
12	30	0,33
PROMEDIO	30,33	
IE CORREGIDO (xFC)	0,22	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	230	
ERROR +-	50,89	

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

1.4. Columna (Eje A-2)

Tabla 17

Resistencia del hormigón columna eje A-2.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	Columna (EJE A-2)	
1	26	-0,75
2	26	-0,75
3	26	-0,75
4	24	1,25
5	24	1,25
6	25	0,25
7	22	3,25
8	25	0,25
9	26	-0,75
10	25	0,25
11	28	-2,75
12	26	-0,75
PROMEDIO	25,25	
IE CORREGIDO (xFC)	0,27	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	158	
ERROR +-	42,29	

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

1.5. Columna (Eje B-5)

Tabla 18

Resistencia del hormigón columna eje B-5.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	Columnas (EJE B-5)	
1	37	-0,17
2	36	0,83
3	38	-1,17
4	38	-1,17
5	37	-0,17
6	40	-3,17
7	37	-0,17
8	37	-0,17
9	36	0,83
10	35	1,83
11	37	-0,17
12	34	2,83
PROMEDIO	36,83	
IE CORREGIDO (xFC)	0,19	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	336	
ERROR +-	64,77	

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

1.6. Columna (Eje D-5)

Tabla 19

Resistencia del hormigón columna eje D-5.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	Columna (EJE D-5)	
1	37	-1,67
2	40	-4,67
3	34	1,33
4	35	0,33
5	35	0,33
6	38	-2,67
7	40	-4,67
8	30	5,33
9	36	-0,67
10	35	0,33
11	34	1,33
12	30	5,33
PROMEDIO	35,33	
IE CORREGIDO (xFC)	0,20	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	310	
ERROR +-	61,44	

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

2. Resultados del Ensayo de Resistencia del Hormigón de vigas con el Esclerómetro

2.1. Viga (Eje - 1)

Tabla 20

Resistencia del hormigón, viga eje -1.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	VIGA (EJE 1)	
1	29	3,83
2	30	2,83
3	32	0,83
4	32	0,83
5	34	-1,17
6	30	2,83
7	30	2,83
8	27	5,83
9	36	-3,17
10	38	-5,17
11	38	-5,17
12	38	-5,17
PROMEDIO	32,83	
IE CORREGIDO (xFC)	0,21	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	269	
ERROR +-	56,35	

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

2.2. Viga (Eje – A)

Tabla 21

Resistencia del hormigón, viga eje -A.

RESULTADO ESCLEROMETRÍA	Ángulo	
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	VIGA (EJE A)	
1	34	2,08
2	32	4,08
3	36	0,08
4	33	3,08
5	34	2,08
6	32	4,08
7	32	4,08
8	40	-3,92
9	36	0,08
10	41	-4,92
11	42	-5,92
12	41	-4,92
PROMEDIO	36,08	
IE CORREGIDO (xFC)	0,20	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	323	
ERROR +-	63,13	

Nota. Fuente: Esclerómetro de Betón, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

3. Promedio del total de la resistencia de cada muestra

3.1. Promedio total de columnas

Tabla 22

Promedio total de columnas de la planta baja.

Columnas Planta baja	
269	232
230	158
336	310
PROMEDIO 255,8333333	

Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

3.2. Promedio total de vigas

Tabla 23

Promedio total de vigas de la planta baja.

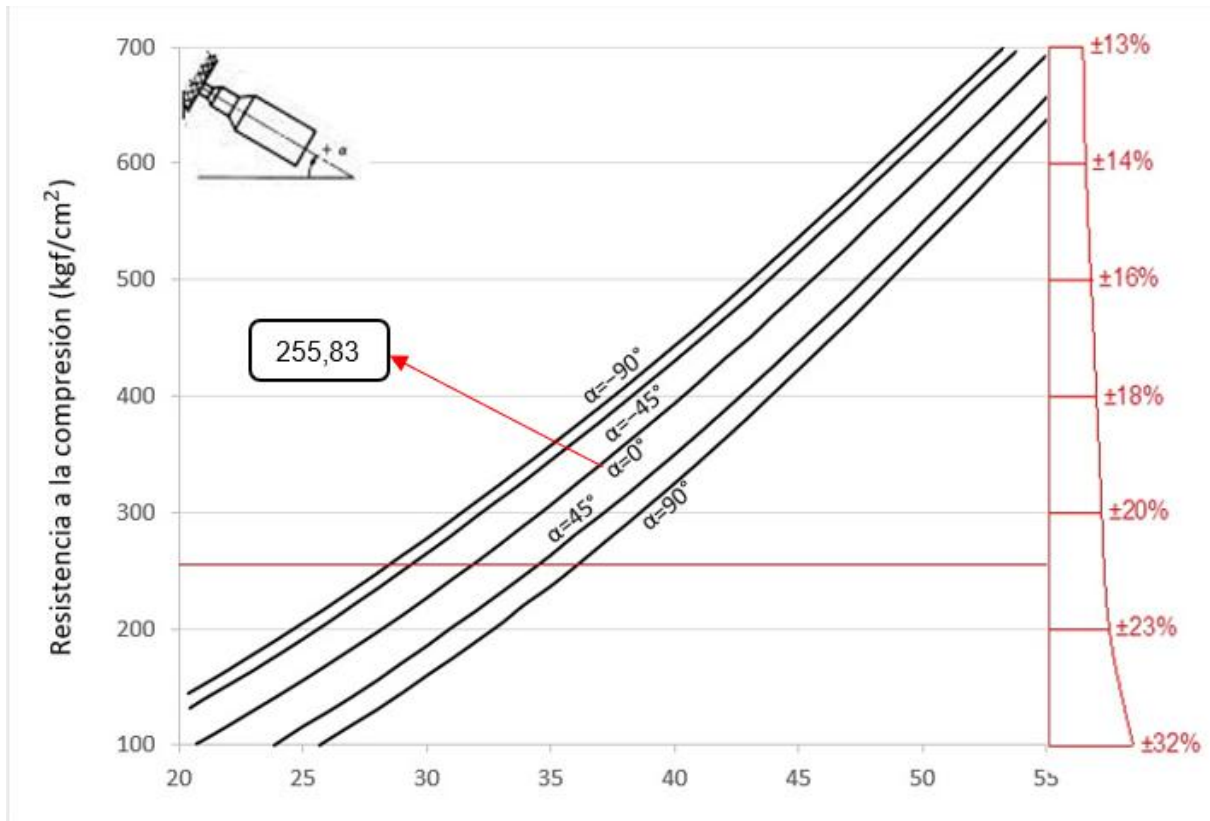
Vigas planta baja	
269	323
PROMEDIO 296	

Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

3.3. Gráfica Promedio total de columnas

Figura 24

Promedios de columnas esclerómetro.

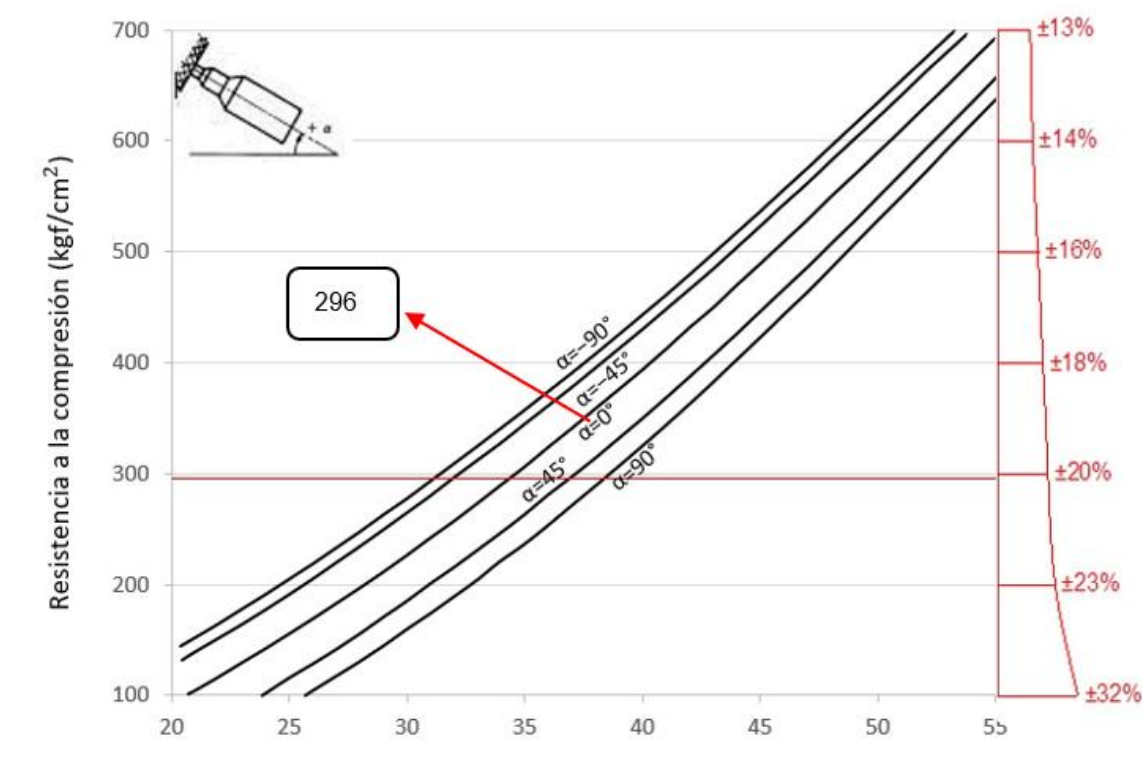


Nota. Fuente: Excel, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

3.4. Gráfica Promedio total de vigas

Figura 25

Promedios de vigas con base al esclerómetro.



Nota. Fuente: Excel, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

4. CYPECAD

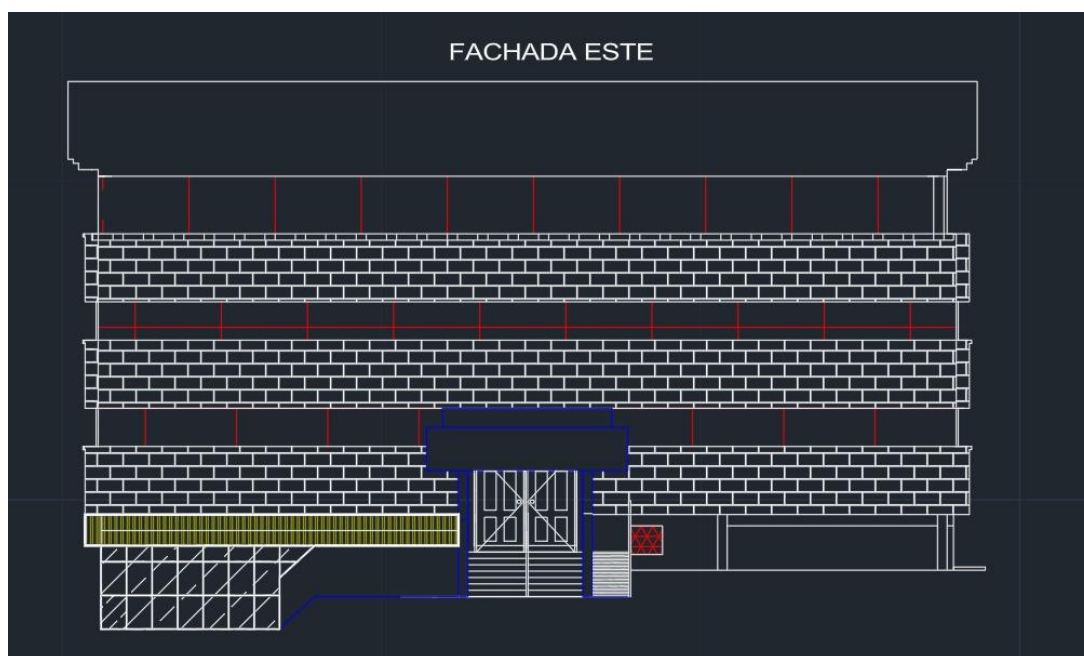
Para modelar el comportamiento de la estructura se utilizó el software CYPECAD versión 2024, donde se debe introducir los datos de la resistencia del hormigón tomados a través del esclerómetro, con la finalidad de modelar el edificio y analizar la vulnerabilidad, mediante los reportes obtenidos, tomando en cuenta los lineamientos planteados en la normativa NEC 2014. Además, se utilizó los planos arquitectónicos en AUTOCAD, debido a que al ser una construcción antigua no presenta planos estructurales en digital, razón por la cual, se tomó datos

reales como medidas del sistema estructural con base a los planos arquitectónicos, con la finalidad de obtener datos realistas y mejorar la modelación del edificio.

El edificio está localizado en el cantón Guaranda, provincia Bolívar, consta de cuatro niveles o pisos contando con una altura total de 14,49m, su estructura está constituida de hormigón armado con una cubierta de madera en la parte de la última losa o comúnmente llamada terraza. Modelar la infraestructura permite determinar una representación detallada de la estructura, brindando una visión completa de cómo se comportará la estructura en la realidad.

Figura 26

Vista frontal de la Facultad de Educación.



Nota. Fuente: Autocad versión 2024, Elaborado: Chaguaro R., 2015.

Para realizar el modelamiento de la estructura se debe introducir los siguientes datos o aspectos que posee el edificio en estudio:

Entrada de datos generales del edificio con base al sistema estructural y norma NEC 2014.

Definición de plantas, por niveles, en este caso presenta 4 niveles.

Introducción de pilares con medidas tomadas, mismas que son de 60x60.

Añadir vigas, según la observación directa se identificó vigas descolgadas, con tres medidas diferentes de 30x50 cm, 40x65 cm y 40x75 cm.

Agregar losas, se determinó el canto de la losa que es de 25cm, y un tipo de losa reticular de hormigón armado, con bloques de 40x20x20.

Introducción de escaleras, se tomó en cuenta medidas como el ámbito (a) de 2,84m, huella (h) 0,30 m; contrahuella (t) 0,18m; ancho del ojo de la escalera 0,14 m; con ancho distinto al ámbito 2,50m

Cálculo de la estructura, con justificación sísmica, con la finalidad de identificar y corregir errores.

Dentro del análisis de resultados, se debe tomar en cuenta los modos de vibración en X o Y, periodos de vibración, desplazamientos o derivas y si presenta torsión.

4.1. Entrada de datos generales

Para comenzar el proyecto de modelación en el software Cypecad 2024, se ingresaron los datos generales, incluyendo el tipo de concreto utilizado en los forjados, cimentación y pilares. Estos valores fueron determinados considerando el promedio total de los resultados obtenidos en los ensayos realizados con el esclerómetro.

Figura 27

Ventana de entrada de datos generales en el software CYPECAD.

The screenshot shows the 'Datos generales' (General Data) window in the CYPECAD software. The window is titled 'Datos generales' and has a close button (X) in the top right corner. The main content is organized into several sections:

- Clave:** Facultad Final
- Descripción:** Facultad Final
- Normas:** ACI 318M-08, AISI S100-2007 (LRFD), ANSI/AISC 360-10 (LRFD), CTE DB SE-M, Eurocódigo 9 y Cimenta...
- Hormigón armado:**
 - Hormigón:**
 - Forjados: $f'c=250$
 - Cimentación: $f'c=250$
 - Pilares: $f'c=250$
 - Muros: $f'c=250$
 - Características del árido: 15 mm
 - Acero:**
 - Barras: Grado 60 (Latinoamérica)
 - Pernos: A-307
- Perfiles:**
 - Acero:**
 - Laminados y armados: A36
 - Conformados: A36
 - Madera:** C24
 - Aluminio extruido:** EN AW-5083 - F
- Acciones:**
 - Carga permanente y sobrecarga de uso
 - Con acción de viento
 - Con acción sísmica: NEC-SE-DS 2014 (Ecuador)
 - Criterio de armado por ductilidad: Según NEC-SE-DS 2014
 - Elementos constructivos: No se consideran
 - Comprobar resistencia al fuego
 - Estados límite (combinaciones)
 - Hipótesis adicionales (cargas especiales)
- Coefficientes de pandeo:**
 - Pilares de hormigón y mixtos: $B_x = 1.000$, $B_y = 1.000$
 - Pilares de acero: $B_x = 1.000$, $B_y = 1.000$
 - Pilares de madera: $B_x = 1.000$, $B_y = 1.000$

At the bottom of the window, there is an 'Aceptar' (Accept) button.

Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

4.2. Datos generales de acción sísmica ingresados en el software Cypecad.

Figura 28

Normativa para el cálculo de acción sísmica.

CPE INEN 5:2001 NEC -11 **NEC-SE-DS 2014**

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Acción sísmica según X Acción sísmica según Y

Método de análisis

Dinámico (modal espectral) Estático (fuerza lateral equivalente)

Definición del espectro

Según norma Especificado por el usuario

Parámetros de cálculo

Fracción de sobrecarga de uso:

Factor multiplicador del espectro:

Sistema estructural

Coeficiente de reducción: X Y

Tipo de estructura: **Regular** Irregular

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica: I II III **IV** V VI

Región sísmica: **Sierra, Esmeraldas y Galápagos** Costa (excepto Esmeraldas) Oriente

Aplicar reducción a todos los modos excepto al modo fundamental

Tipo de suelo

A B C **D** E

Importancia de la obra

Edificaciones esenciales y/o peligrosas **Estructuras de ocupación especial** Otras estructuras

Estimación del periodo fundamental de la estructura

Según norma Altura del edificio: m

Especificado por el usuario Tipología estructural (X): I II **III** IV Tipología estructural (Y): I II **III** IV

Limitación de los desplomes entre plantas debidos a la acción sísmica

Según norma Estructura de:

Especificado por el usuario **Desplome del elemento:** Relativo-0.020h
Desplome entre plantas: ---
Desplome total: ---

Limitación de los coeficientes de estabilidad

Según norma Especificado por el usuario $Q_{i,min}$ 0.10 $Q_{i,max}$ (X) 0.30 $Q_{i,max}$ (Y) 0.30

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis

Según norma Automático, hasta alcanzar un porcentaje exigido de masa desplazada
 Especificado por el usuario

Grados de libertad que intervienen en el análisis

Considerar las plantas bajo rasante en el modelo dinámico

Efectos de la componente sísmica vertical

No considerar Especificar el coeficiente de modificación

Verificación de la condición de cortante basal

No realizar la corrección de cortante basal estático
 Según norma Especificar el porcentaje de cortante basal estático
 Especificar los factores de modificación

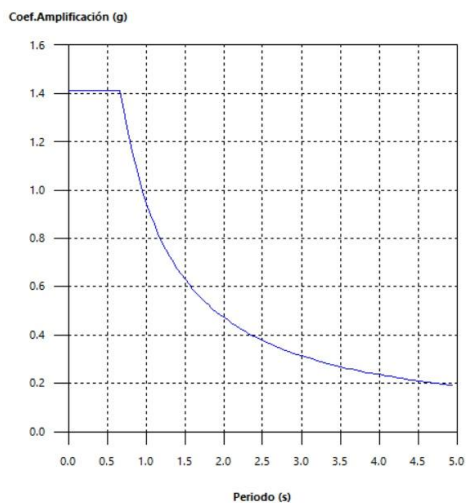
La verificación normativa exige que el cortante basal resultante del análisis dinámico supere un determinado porcentaje del valor del cortante estático definido en la norma. Cuando el valor del cortante dinámico es menor que el mínimo normativo prescrito, el programa realiza el ajuste de los resultados amplificando por el factor de modificación correspondiente.

Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Para obtener el espectro de diseño se tomó las siguientes consideraciones:

Tabla 24*Parámetros para la acción sísmica.*

Descripción	Parámetro
Norma	NEC-SE-DS (2014)
Método de Análisis	Dinámico modal espectral acción sísmica en X-Y
Tipología estructural (X Y): Pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	III
Zona sísmica	IV
Tipo de suelo	Perfiles de suelos rígidos ($360\text{m/s} > V_s \geq 160\text{ m/s}$)
Altura del edificio	14,49
Edificios Facultad Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas	Estructura de ocupación especial

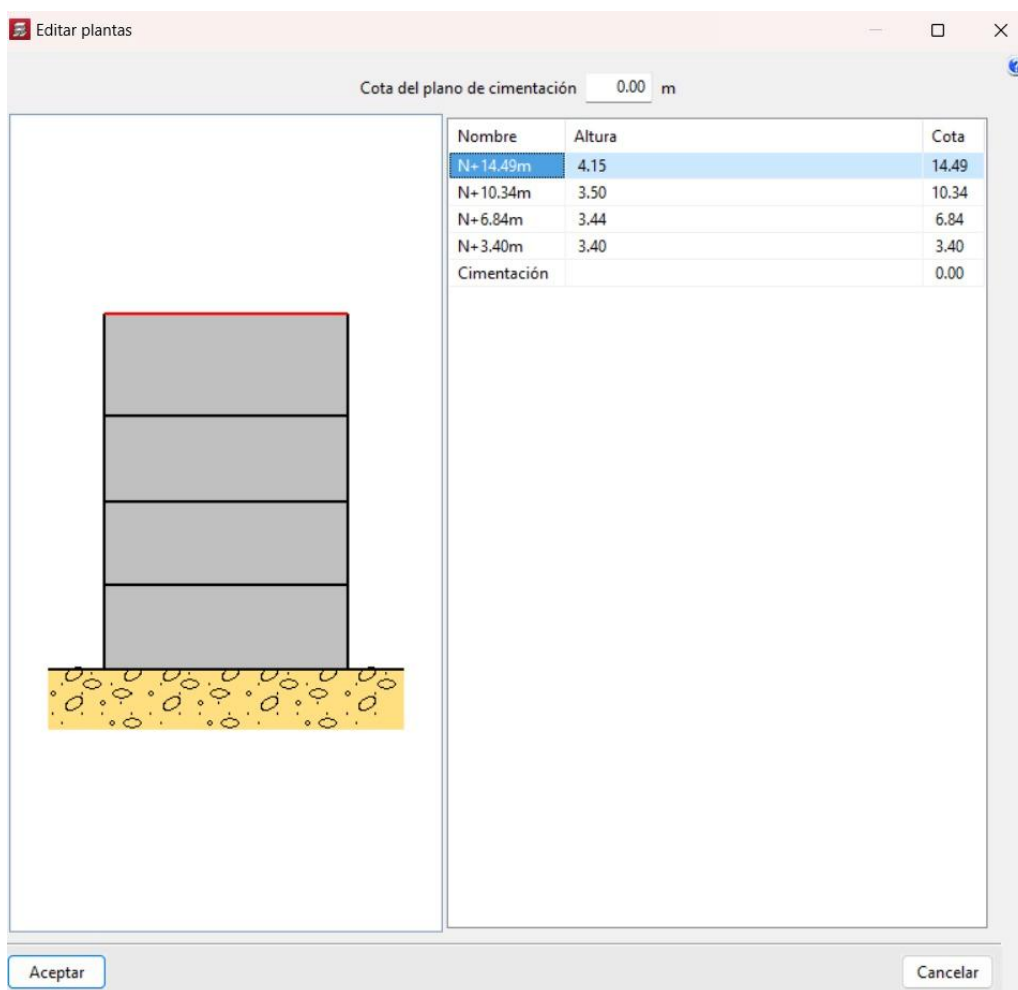
*Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.***Figura 29***Espectro de diseño.**Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

4.3. Definición de plantas

Se ingresa la cantidad de plantas que tiene el edificio con sus respectivas alturas, cargas muertas y vivas, para lo cual se tomó las medidas de la altura de cada piso, con la finalidad de obtener un mejor resultado en el modelamiento.

Figura 30

Datos de introducción de plantas.



Nota. Fuente: *Cypecad Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024*.

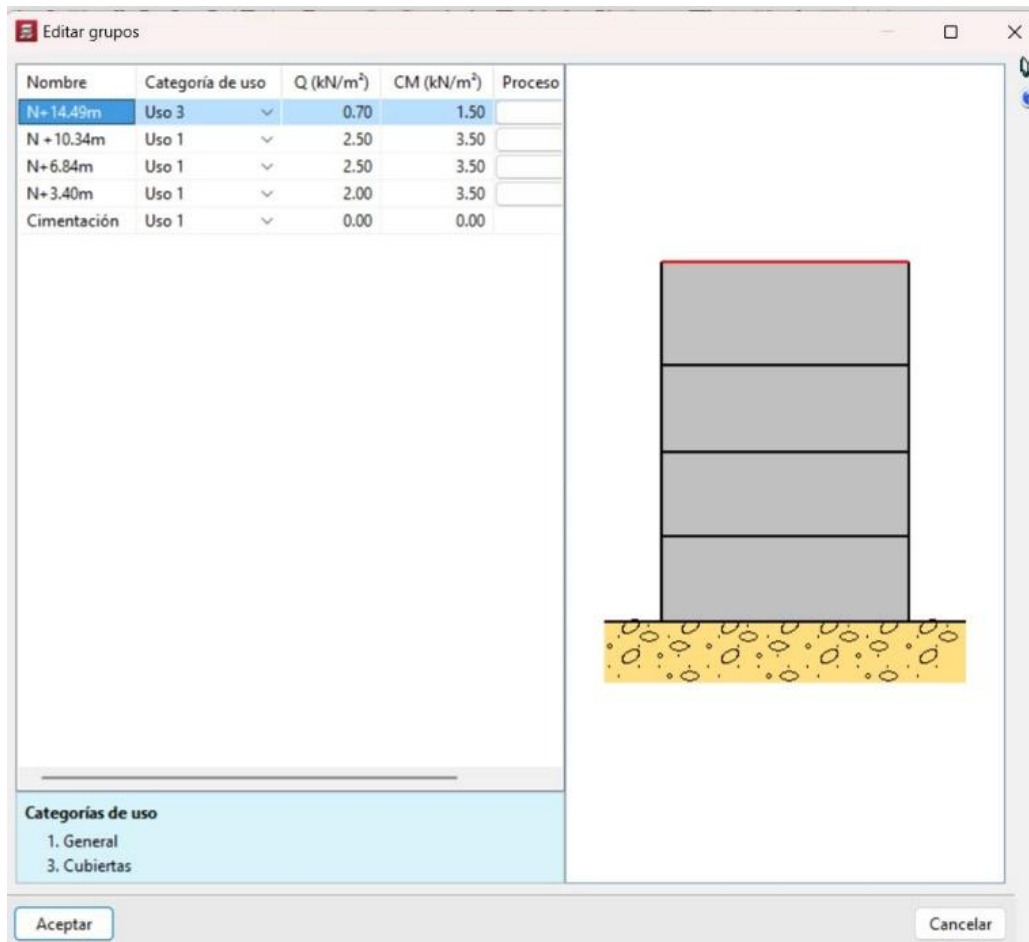
4.4. Cargas muertas y vivas por planta

Según la norma NEC 2014 cargas muertas hace referencia a todos los elementos que puedan generar una inercia ante un evento sísmico; cielo raso, mampostería, etc. Cargas vivas

son cargas superiores, que según la norma el valor mínimo es de 0,20 kg, convertido a KN/m^2 es 2.

Figura 31

Ingreso de cargas vivas y muertas.



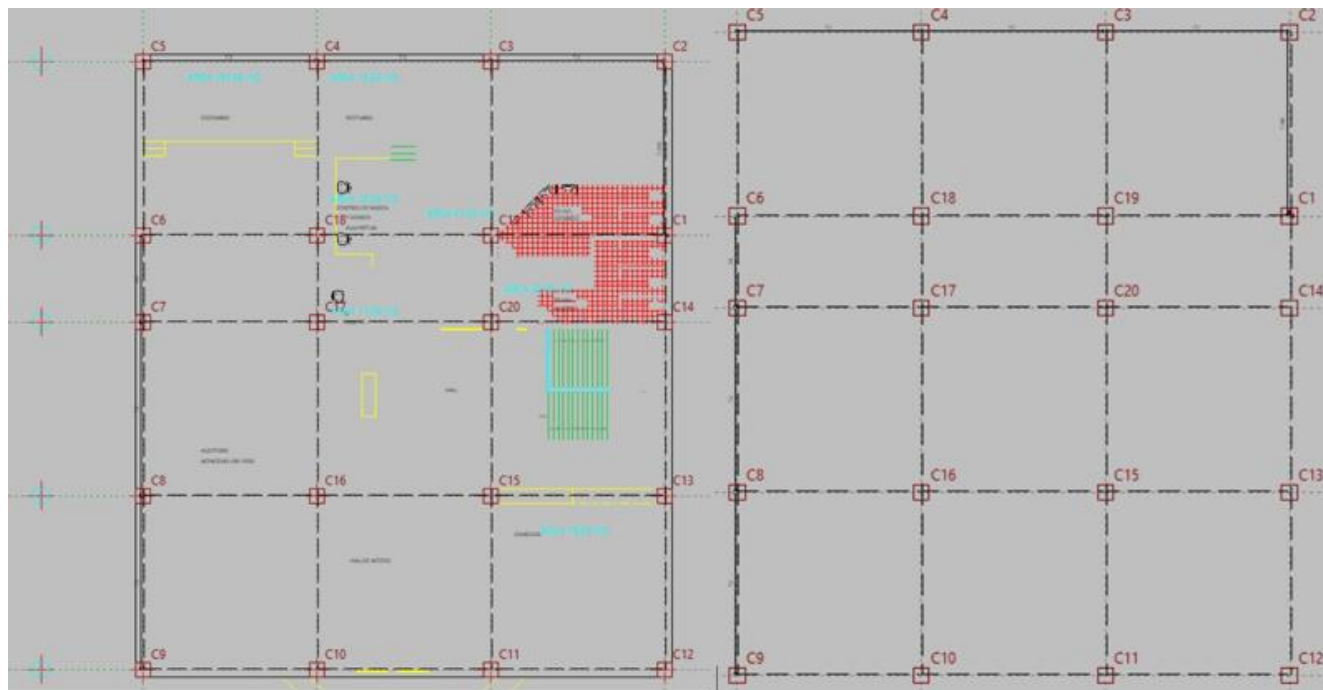
Nota. Fuente: *Cypecad Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

4.5. Introducción de pilares

Los pilares son elementos verticales que soportan cargas y las transmite a la cimentación, estos elementos son importantes en una estructura, para añadir los pilares en el software se debe importar la plantilla desde AUTOCAD, para poder añadir correctamente, se tomó las medidas necesarias, tanto en ancho X, como en ancho Y, midiendo 60x60 cm.

Figura 32

Muestra de ingreso de pilares en el software.



Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

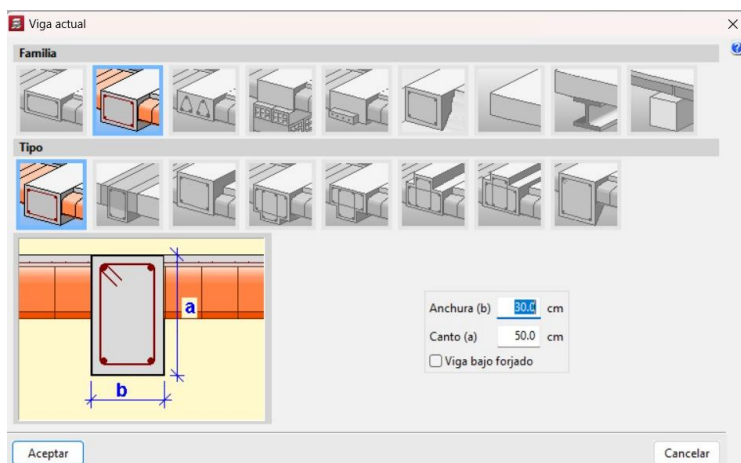
4.6. Introducción de vigas

Según la observación directa que se realizó en campo, se identificó vigas descolgadas rectangular, con tres medidas diferentes de 30x50 cm, 40x65 cm y 40x75 cm.

Las vigas de cimentación se colocaron de una medida de 30x50 cm, debido a que las vigas de cimentación suelen ser pequeñas en medidas.

Figura 33

Ingreso de medidas de vigas de cimentación.

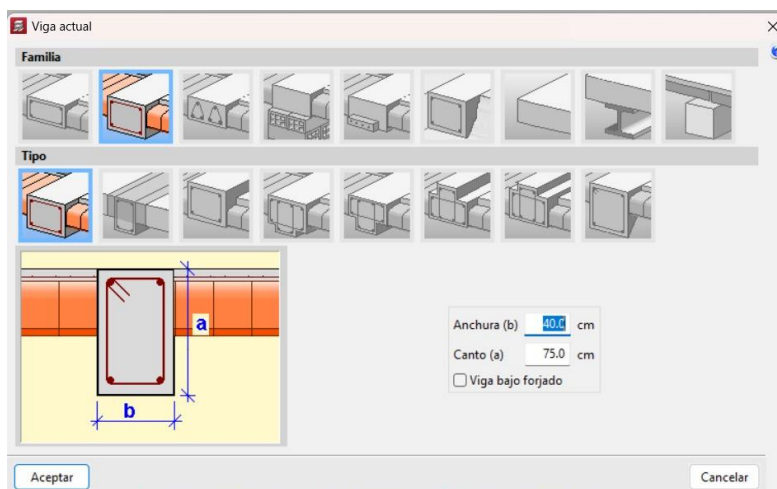


Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Las vigas en sentido vertical y lateral, es decir las vigas que rodean al edificio son de 40x75 cm, mismo que se levantó información en campo, logrando identificar que el edificio posee, diferentes dimensiones en las vigas, ya que las vigas intermedias conectadas entre columnas de la estructura del edificio son de la misma medida.

Figura 34

Medidas de las vigas laterales y verticales del edificio.

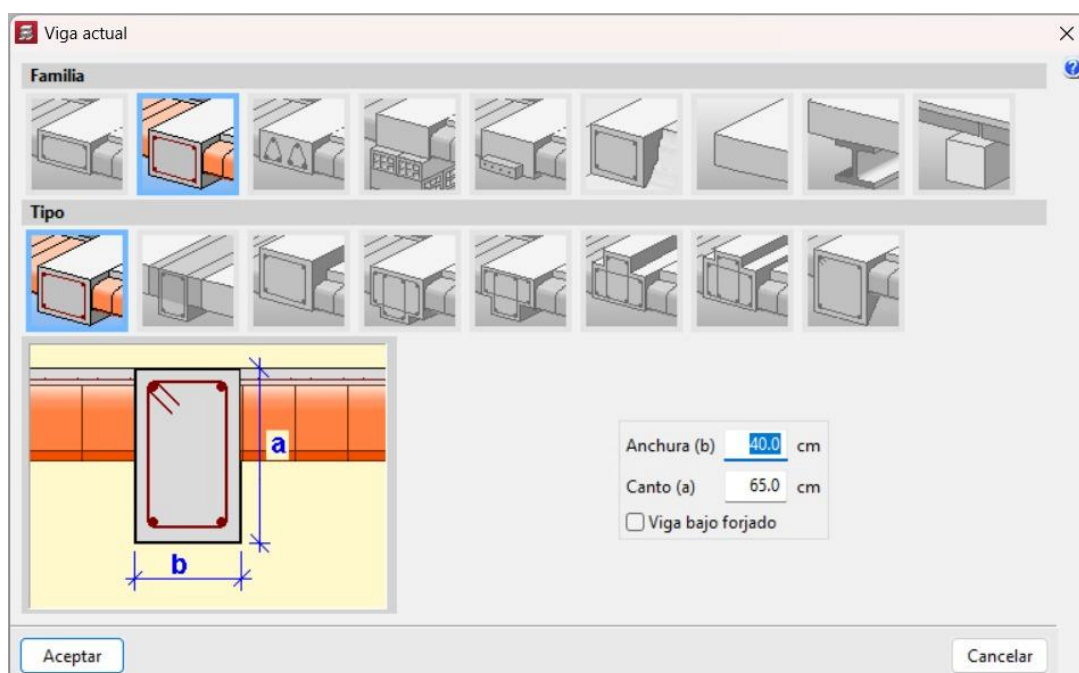


Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

De igual forma se identificó que el edificio en estudio posee vigas de soporte dentro del sistema estructural sin conexión con columnas, de 40x65 cm, misma que fueron realizadas por estética del edificio y apoyo del cielo raso, al ser un edificio antiguo, posee diferentes medidas en sus vigas, por lo que en la observación directa que se realizó, se pudo identificar cada una de estas variaciones de medidas.

Figura 35

Vigas de soporte dentro del sistema estructural sin apoyo en columnas.



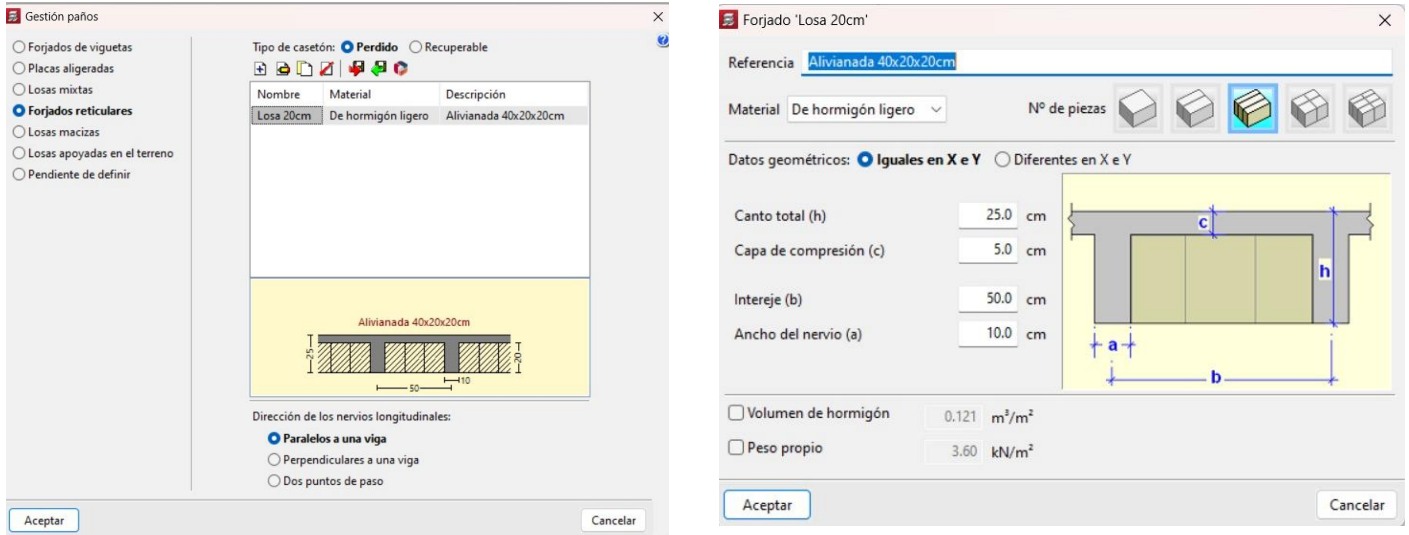
Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

4.7. Agregar losa

Para añadir la losa que corresponde al edificio en estudio se debe determinar con anterioridad el tipo de losa que posee, mismo que es forjados reticulares de hormigón ligero, con un canto de losa de 25 cm, y es una losa alivianada, con bloques de (40x20x20cm).

Figura 36

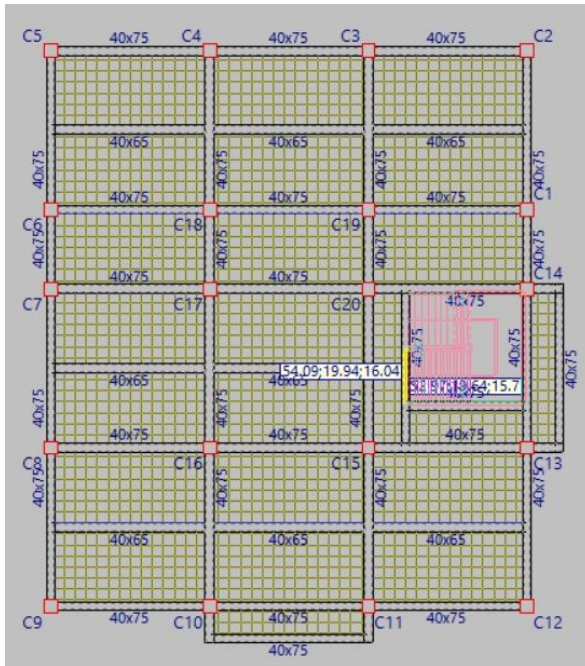
Introducción de losa de hormigón armado alivianada.



Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Figura 37

Muestra de los paños o losas ingresadas en el software.



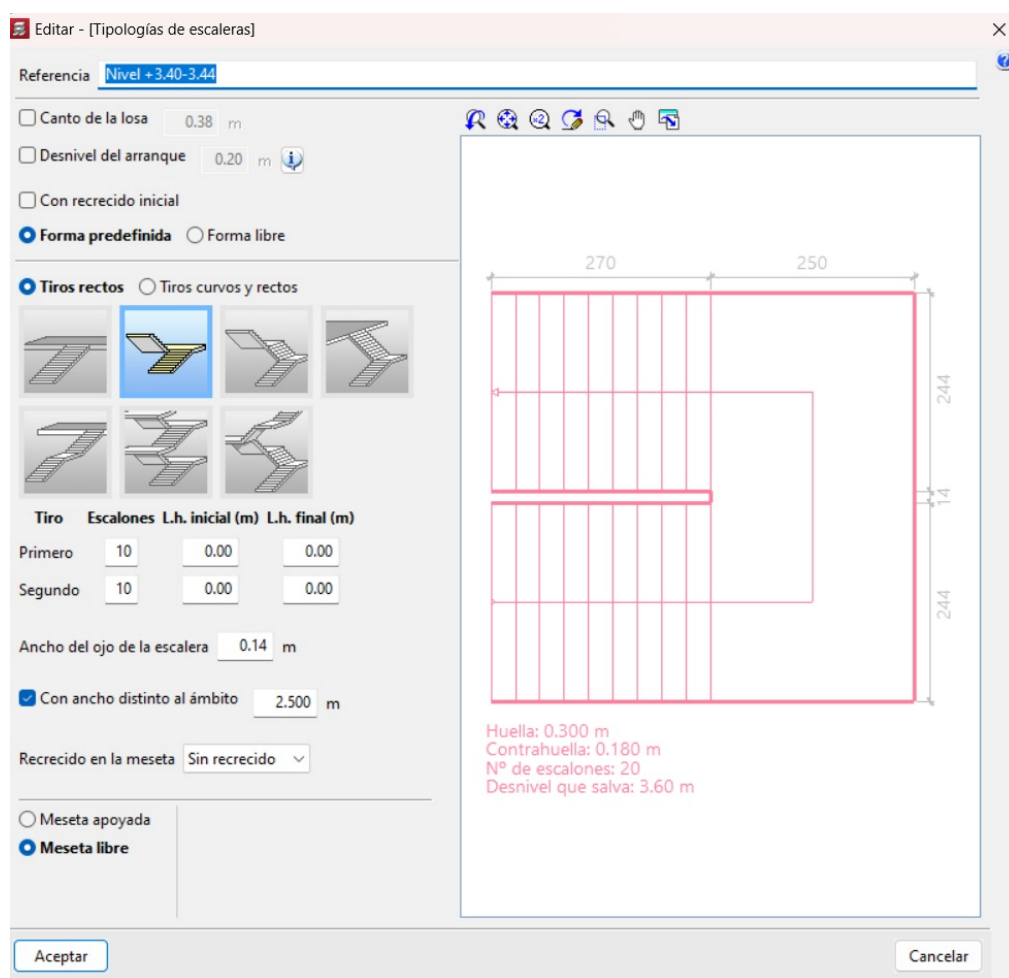
Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

4.8. Introducción de Escaleras

Las escaleras son estructuras que sirven para establecer conexión entre los distintos niveles de la estructura, mismo que permiten subir y bajar. Para diseñar la estructura se debe elegir el tipo de escalera en el caso es una escalera de dos tiros rectos con meseta de media vuelta.

Figura 38

Introducción de la escalera en el software.

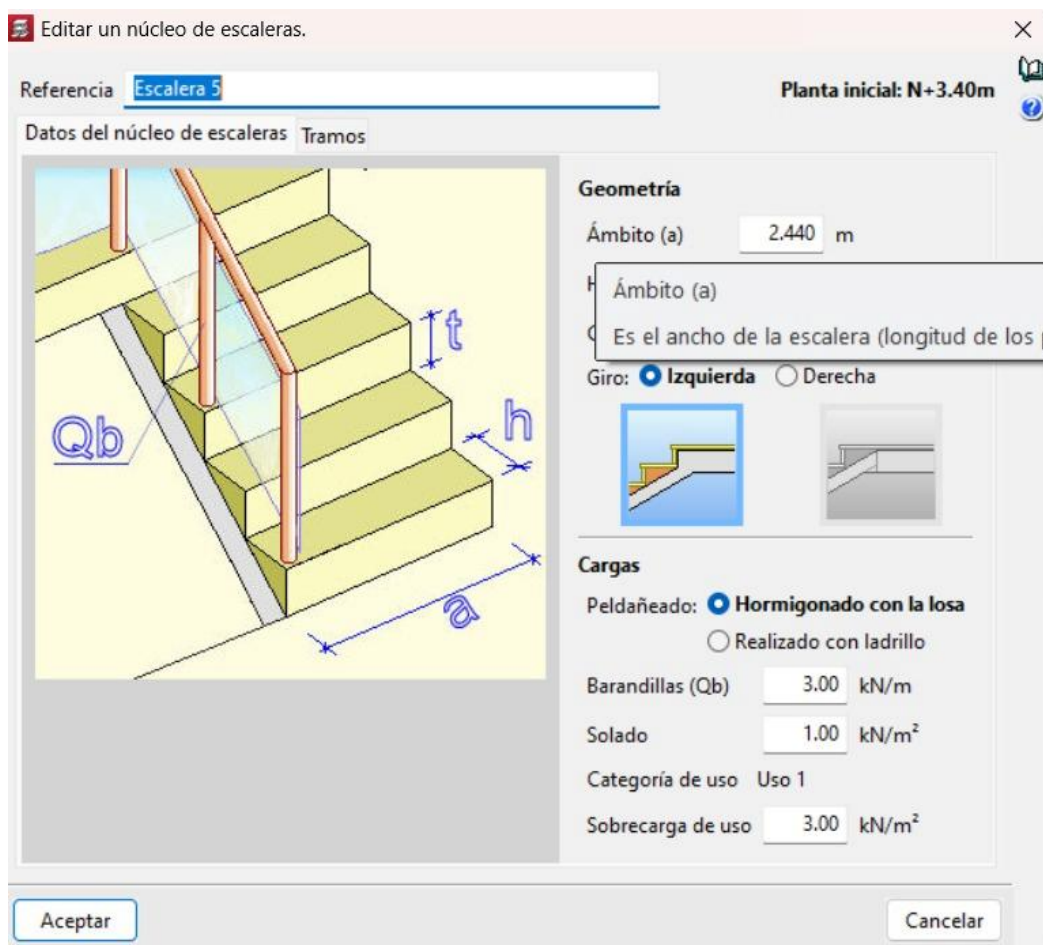


Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Para la introducción de las escaleras, se tomó medidas tanto del ámbito (a) 2,84 m, huella (h) 0,30 m; contrahuella (t) 0,18 m; ancho del ojo de la escalera 0,14 m; con ancho distinto al ámbito 2,50 m como se muestra en la **figura 39**.

Figura 39

Definición de medidas de los escalones.



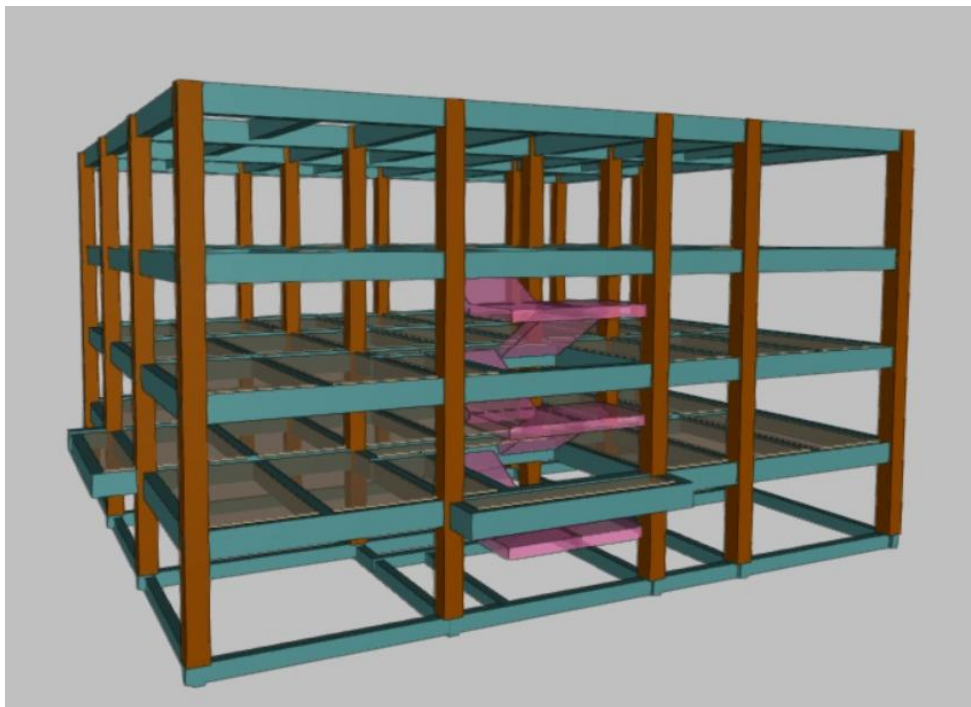
Nota. Fuente: *Cypecad Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024*.

4.9. Vista 3D del edificio

Posterior al ingreso de los elementos estructurales del edificio se realiza la visualización en 3D, para poder observar el resultado final de la estructura y en el caso de que exista alguna anomalía, poder hacer la respectiva corrección y calcular los resultados finales.

Figura 40

Visualización en 3D del edificio.



Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

5. Resultado de la modelación del edificio de la facultad de educación, en el software Cypecad.

5.1. Reporte de la acción sísmica y distorsión de pilares

Luego de la comprobación geométrica y la visualización en 3D, se obtuvo el reporte de la acción sísmica, y distorsión de pilares, los cuales, sirven para realizar el cálculo de los modos de vibración, y la distorsión de pilares en toda la estructura.

5.1.1. Modos de vibración

Según la (NEC, 2014), peligro sísmico parte 2, en la sección 6.2.2. procedimientos dinámicos de cálculo de fuerzas sísmicas, literal b, menciona que el corte basal de los resultados obtenidos, por análisis dinámico, el valor no debe ser:

<80% del corte basal v obtenido por método estático (estructuras regulares)

< 85% del corte basal v obtenido por método estático (estructuras irregulares)

Consideraciones a tomar en cuenta en el literal b, procedimiento 1, análisis espectral:

todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura mediante los varios períodos de vibración y todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada uno de las direcciones horizontales principales consideradas.

Luego de tomar en cuenta los parámetros mencionados anteriormente el software generó un total de 5 modos, como se muestra en la **figura 41**, de tal manera que se tomó en cuenta los dos primeros modos de vibración.

Figura 41

Modos de vibración del edificio.

1.3. Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.662	0.8398	0.0048	0.5429	89.5 %	0 %	R = 6 A = 2.283 m/s ² D = 25.3742 mm	R = 6 A = 2.283 m/s ² D = 25.3742 mm
Modo 2	0.592	0.0061	0.9985	0.0539	0 %	89.73 %	R = 6 A = 2.306 m/s ² D = 20.442 mm	R = 6 A = 2.306 m/s ² D = 20.442 mm
Modo 3	0.545	0.0088	0.0101	1	0.37 %	0 %	R = 6 A = 2.306 m/s ² D = 17.3633 mm	R = 6 A = 2.306 m/s ² D = 17.3633 mm
Modo 4	0.219	0.6438	0.0088	0.7652	7.27 %	0 %	R = 6 A = 2.306 m/s ² D = 2.80335 mm	R = 6 A = 2.306 m/s ² D = 2.80335 mm
Modo 5	0.203	0.0154	0.7991	0.601	0 %	7.31 %	R = 6 A = 2.306 m/s ² D = 2.39845 mm	R = 6 A = 2.306 m/s ² D = 2.39845 mm
Total					97.14 %	97.04 %		

iva de CYPE

Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Figura 42

Leyenda de los coeficientes de participación.

Leyenda	
T	Periodode vibración en segundos
Lx, Ly	Coeficiente de participación normalizados en cada dirección del análisis
Lgz	Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional
Mx, My	Porcentaje de Masa desplazado para cada modo en cada dirección del análisis
R	Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asigando a la estructura y la aceleración de cálculo obnetida sin ductilidad
A	Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad
D	Coeficiente de modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico

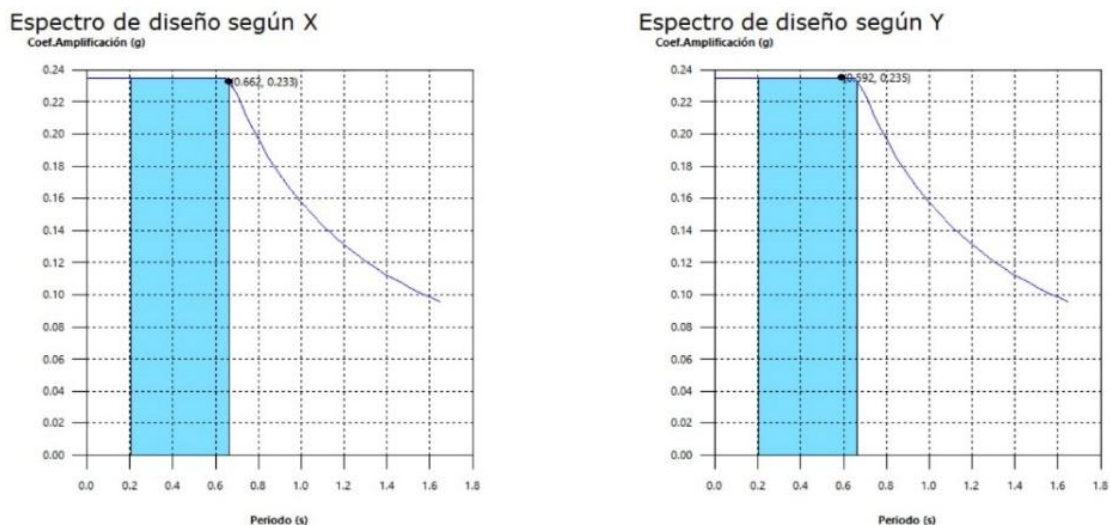
Nota. Fuente: Excel 2019, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Luego de la visualización de los resultados, se obtiene un total en $M_x=97,14\%$ y $M_y=97,04\%$, cumpliendo con el valor establecido del 90% como mínimo según la NEC, 2014, mencionado anteriormente.

5.1.2. Representaciones los periodos modales

Figura 43

Espectros de diseño en X y Y.



Nota. Fuente: *Cypecad Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

Se representa el rango de periodos por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Rangos de periodos según los modos estudiados en X y Y, correspondiendo el modo 1 al desplazamiento en X y el modo 2 con desplazamiento en Y.

Figura 44

Periodos de vibración en X1 y Y1.

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.662	0.233

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.592	0.235

Nota. Fuente: *Cypecad Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

5.1.3. Centros de masa, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.

Según la norma (NEC, 2014), en la sección 6.3.6. distribución horizontal del corte menciona que la masa de cada nivel debe considerarse como concentrada en el centro de masas del piso, pero desplazada de una distancia igual al 5% de la máxima dimensión del edificio en ese piso, perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas laterales bajo consideración, con el fin de tomar en cuenta los posibles efectos de torsión accidental, tanto para estructuras regulares e irregulares.

En la **figura 45**, se puede observar que todas las excentricidades cumplen con los límites establecidos según la norma.

Figura 45

Excentricidades de cada planta.

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
N+14.49m	(-10.80, -5.34)	(-10.80, -5.04)	0.00	-0.30
N +10.34m	(-10.85, -5.42)	(-10.80, -5.04)	-0.05	-0.38
N+6.84m	(-10.70, -5.41)	(-10.80, -5.04)	0.10	-0.37
N+3.40m	(-10.45, -5.73)	(-10.80, -5.04)	0.35	-0.69

Nota. Fuente: *Cypecad Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

Figura 46

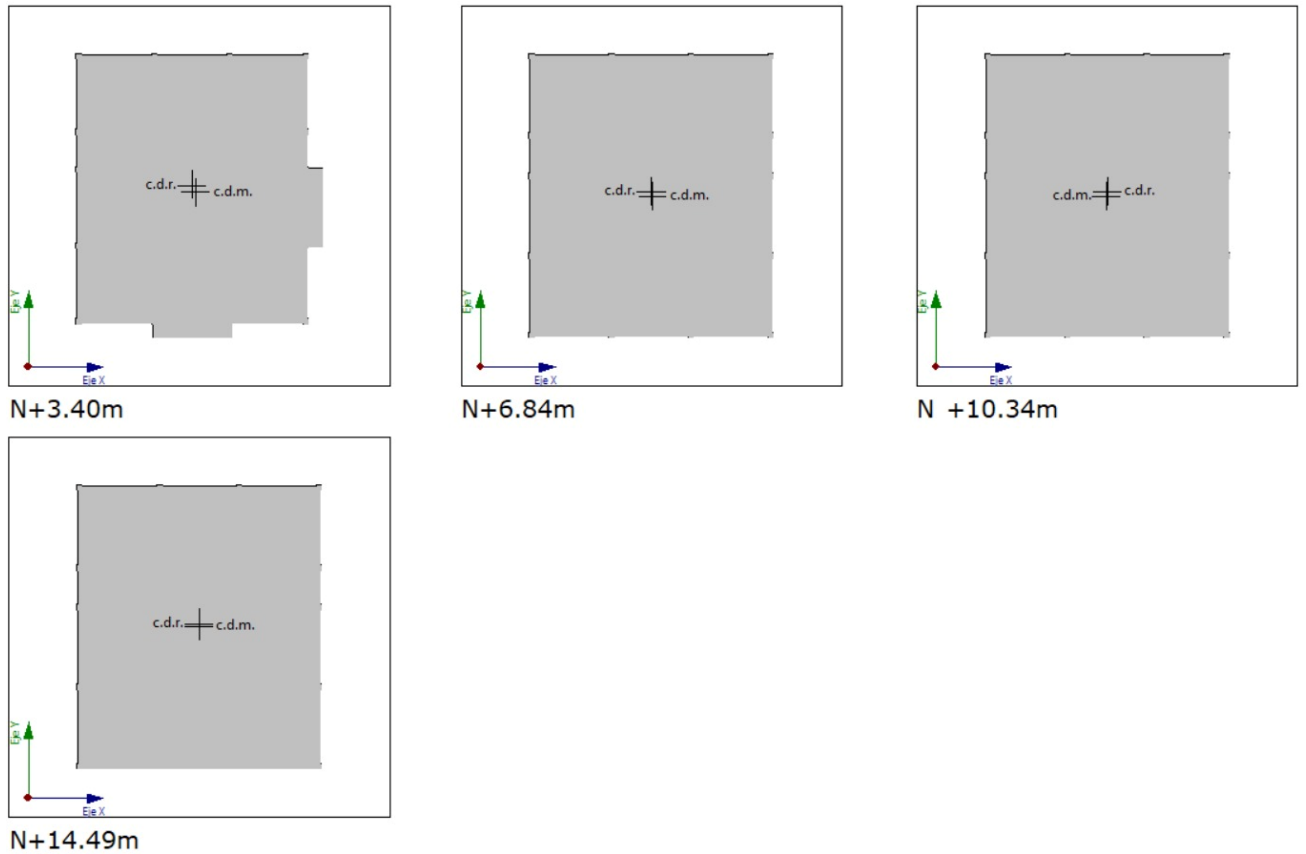
Leyenda de los coeficientes de excentricidad por cada planta.

Leyenda	
c. d. m.	Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)
c. d. r.	Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)
e_x	Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)
e_y	Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

Nota. Fuente: *Excel 2019*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

Figura 47

Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta.



Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Según la observación en la **figura 47**, cuando el centro de masa está alejado del centro de rigidez existirá una torsión el cual provocará fallos en la estructura, como se puede determinar no existe una torsión significativa como que pueda provocar esta falla estructural.

5.1.4. Corrección por corte basal, cortante dinámico CQC.

Figura 48

Cortante dinámico CQC.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (kN)	$V_{d,x}$ (kN)
Sismo X1	Modo 1	4649.479	4673.290
	Modo 2	0.174	
	Modo 3	27.166	
	Modo 4	381.371	
	Modo 5	0.142	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (kN)	$V_{d,y}$ (kN)
Sismo Y1	Modo 1	0.152	4725.064
	Modo 2	4704.713	
	Modo 3	3.441	
	Modo 4	0.071	
	Modo 5	383.487	

Nota. Fuente: *Cypecad Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

Figura 49

Leyenda de la cortante dinámico CQC.

Leyenda	
$V_{d,x}$	Corte basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica
$V_{d,y}$	Corte basal dinámico en dirección y, por hipótesis sísmica

Nota. Fuente: *Excel 2019*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

5.1.5. Corte basal elástico

Figura 50

Resultados del corte basal elástico.

1.5.2. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{s,x}$: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2)

$$V_{s,x} : \underline{5237.629} \text{ kN}$$

$$V_{s,x} = S_{d,x}(T_a) \cdot W$$

$S_{d,x}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X)

$$S_{d,x}(T_a) : \underline{0.235} \text{ g}$$

$T_{a,x}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a)

$$T_{a,x} : \underline{0.61} \text{ s}$$

$$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9}$$

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h : Altura del edificio

$$h : \underline{14.49} \text{ m}$$

$V_{s,y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2)

$$V_{s,y} : \underline{5237.629} \text{ kN}$$

$$V_{s,y} = S_{d,y}(T_a) \cdot W$$

$S_{d,y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)

$$S_{d,y}(T_a) : \underline{0.235} \text{ g}$$

$T_{a,y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a)

$$T_{a,y} : \underline{0.61} \text{ s}$$

$$T_a = 0.055 \cdot h^{0.9}$$

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h : Altura del edificio

$$h : \underline{14.49} \text{ m}$$

W : Peso sísmico total de la estructura

$$W : \underline{22279.884} \text{ kN}$$

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

$$W = \sum_{i=1}^n w_i$$

w_i : Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Producido por una versión evaluativa de CYPE

Planta	W (kN)
N+14.49m	2416.033
N +10.34m	6469.200
N+6.84m	6596.946
N+3.40m	6797.705
W=Σw_i	22279.884

Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

5.1.6. Periodos de Vibración

Con base a la norma (NEC, 2014) sección 6.3.3. determinación del periodo de vibración T , está determinado por el tipo de estructura establecidos en la norma:

Figura 51

Valores del periodo de vibración según la norma NEC, 2014.

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	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

Nota. Fuente: NEC 2014, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

5.1.7. Desplazamiento de pilares o derivas

Según la normativa menciona que las estructuras de hormigón armado, metálicas y de madera no deben exceder más del 0.02 y las de mampostería 0.01.

Figura 52

Valores del desplazamiento de pilares según la norma NEC, 2014.

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

Nota. Fuente: NEC 2014, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Con base a lo mencionado con respecto a los valores máximos de derivas, se tomó en cuenta el valor de 0.02, el cual expresado en fracción equivale a 1/50.

Figura 53

Desplome local, total de pilares.

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
N+14.49m	----	----	1 / 152 (C9, ...)	1 / 187 (C1, ...)
N +10.34m	----	----	1 / 103 (C9, ...)	1 / 131 (C1, ...)
N+6.84m	----	----	1 / 72 (C9, ...)	1 / 92 (C1, ...)
N+3.40m	----	----	1 / 48 (C9, ...)	1 / 62 (C1, ...)

Notas:
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas ⁽¹⁾	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 83 (C9, ...)	1 / 105 (C1, ...)

Notas:
⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Nota. Fuente: *Cypecad Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024.*

Como se puede observar en la **figura 53** los niveles N+6.84; N+10.34; N+14,49, las derivas cumplen con el valor mínimo de 1/50 establecido por la (NEC, 2014).

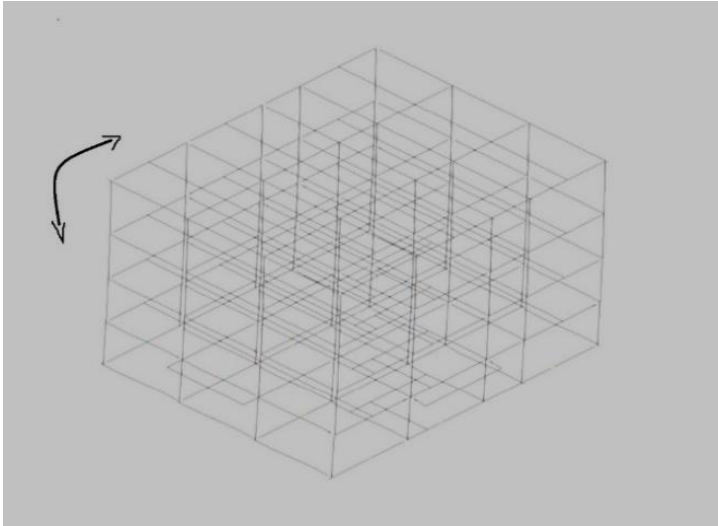
Con base a los resultados obtenidos del modelamiento se evidencia desplazamiento en el Modo 1 en (X), con un valor $M = 89,5\%$ de porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección de análisis, así como en el Modo 2 en (Y) con un valor de $M_y = 89,73\%$, por lo tanto, existe poca torsión y se lo considera como un edificio poco vulnerable, según los parámetros establecidos en la normativa.

5.1.8. Visualización en 3D

En la visualización 3D, se puede evidenciar una pequeña torsión en el modo 1 en X y en el modo 2 en Y.

Figura 54

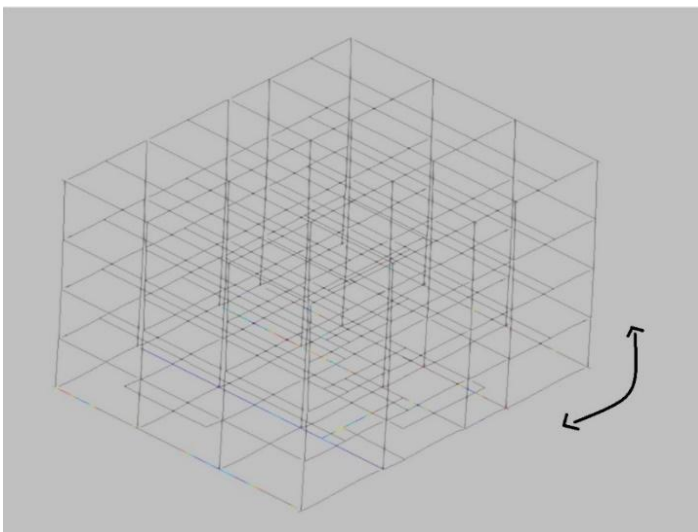
Torsión en el Modo 1 (X).



Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Figura 55

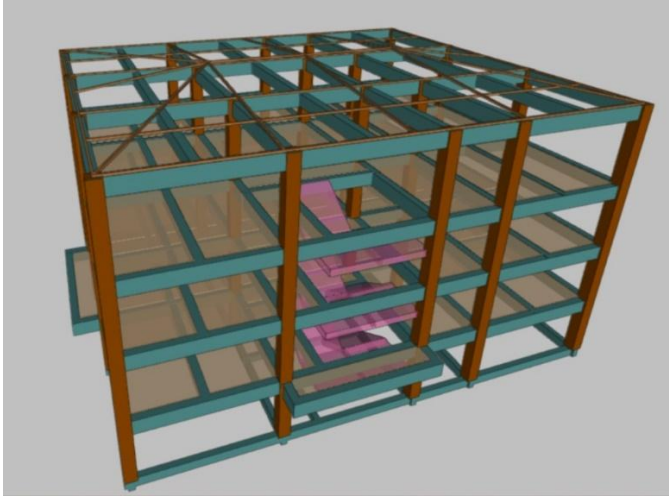
Torsión en el modo 2 (Y).



Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Figura 56

Visualización de la estructura del edificio junto con la cubierta de madera.



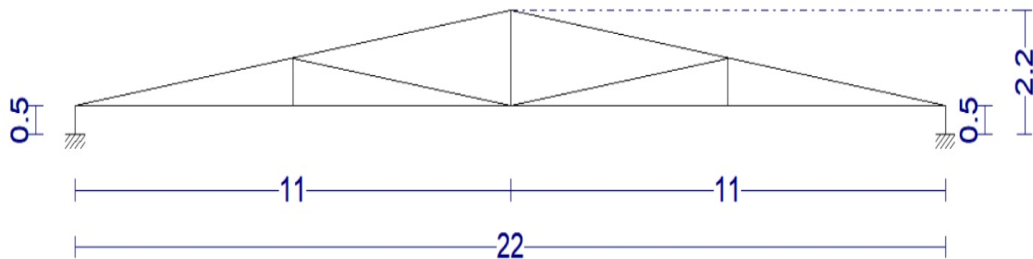
Nota. Fuente: Cypecad Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

6. CYPE 3D y Portal Frame Generator

Portal Frame Generator es un programa que nos permite generar la geometría y las cargas de la estructura, como son pórticos rígidos y cerchas simples y múltiples, donde se genera el pórtico de dos aguas tipo Celosía americana.

Figura 57

Medidas y diseño de la cubierta de madera.

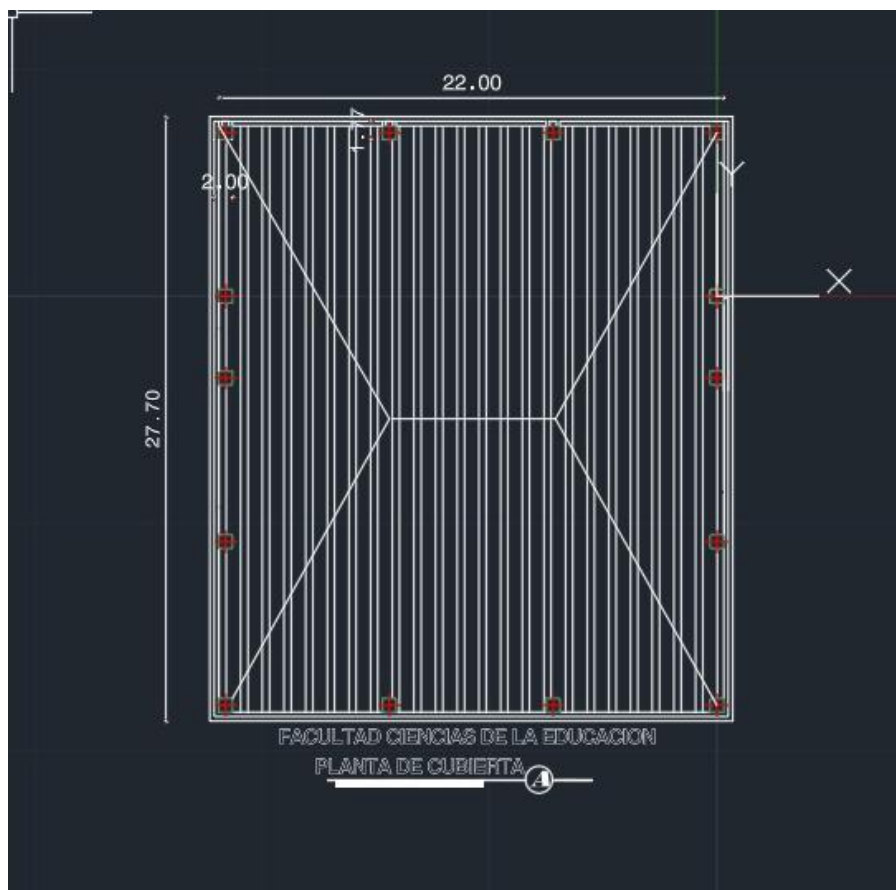


Nota. Fuente: CYPE 3D Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

CYPE ED es un software incorporado dentro del programa Cypecad versión 2024, que nos permite importar o crear obras con diseños estructurales metálicos, madera, aluminio, barras de hormigón, para realizar cálculos de diseño tridimensionales de resistencia con elementos que interactúan con la estructura, lo que se busca con el software es determinar la resistencia de la estructura de madera ubicada en el nivel +14.49.

Figura 58

Cubierta del edificio en AutoCAD.



Nota. Fuente: AUTOCAD Versión 2024, Elaborado por: Chaguaro R., 2015.

6.1. Introducción de datos generales

Se ingresa la información con la que se trabaja en la cubierta de madera, para lo cual se selecciona la norma que se debe utilizar (CTE DB SE-M (España)).

Figura 59

Datos generales de la cubierta de madera.

Nota. Fuente: *CYPE 3D Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024*.

6.2. Acción sísmica

Seleccionamos la acción sísmica mediante la ubicación territorial determinada por la NEC 2014.

Figura 60

Ingreso de datos en la Normativa para el cálculo de la acción sísmica.

Nota. Fuente: CYPE 3D Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

6.3. Hipótesis adicionales de cargas

Se inserta la categoría de uso y las hipótesis de las cargas con las que se trabaja en la cubierta (carga viva, muerta y granizo).

Figura 61

Ingreso de la categoría de uso de la cubierta.

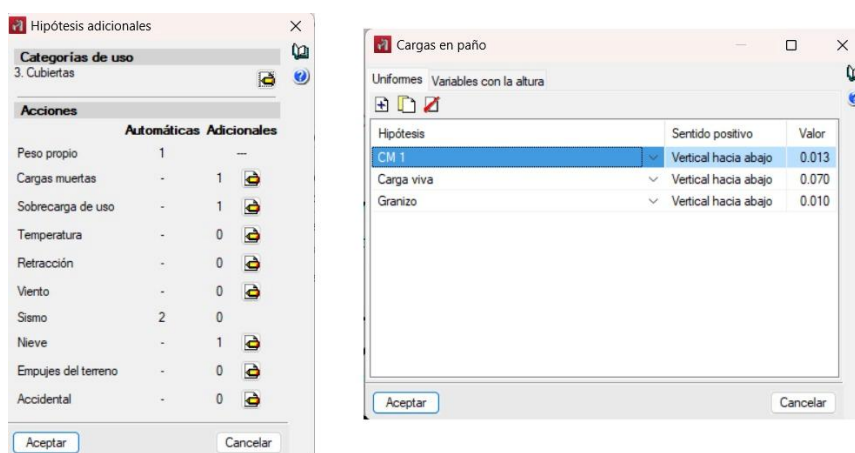


Nota. Fuente: *CYPE 3D Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024*.

Los datos presentados en la **figura 62**, muestra la introducción de las cargas, para la cubierta de madera, para la introducción de estos valores, se revisó la (NEC, 2014), cubierta con material Gypsum donde su peso es de 13.44 kg/cm^2 , convertido a toneladas es igual a $0,13\text{t}$, para el granizo se tomó en cuenta la normativa, (NEC, 2014), cargas no sísmicas en la sección 3.2. Cargas variables en el literal 3.2.5. Cargas de granizo equivalente a 0.010t .

Figura 62

Introducción de cargas en la cubierta de madera.



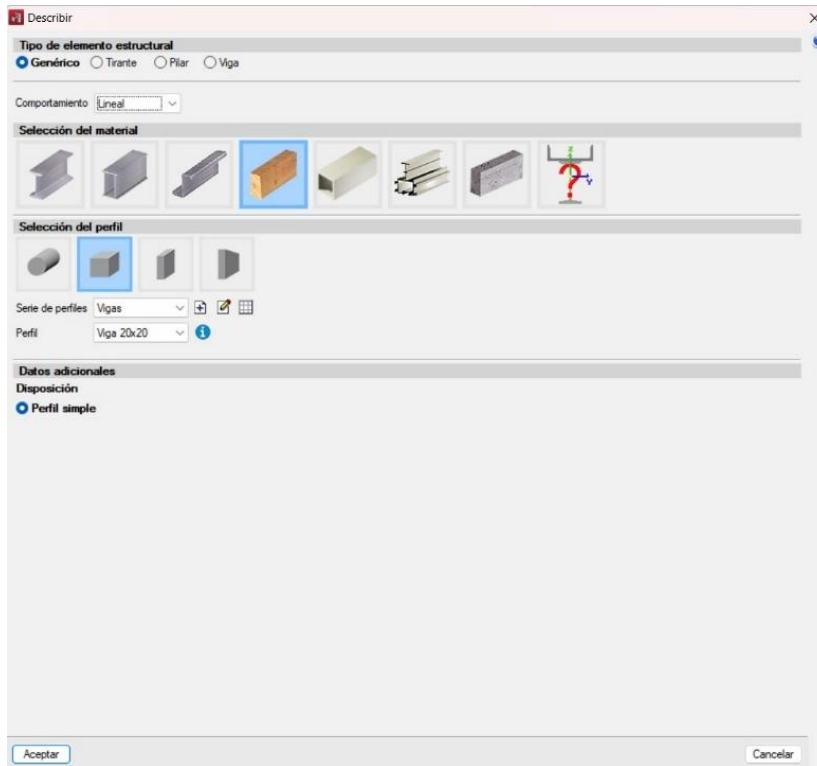
Nota. Fuente: *CYPE 3D Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024*.

6.4. Añadir perfiles

Para la cubierta de madera se diseñó un tipo de perfil el cual es genérico con comportamiento lineal de madera, con un perfil de viga de 20x20.

Figura 63

Tipo de perfil, genérico con comportamiento lineal de madera.



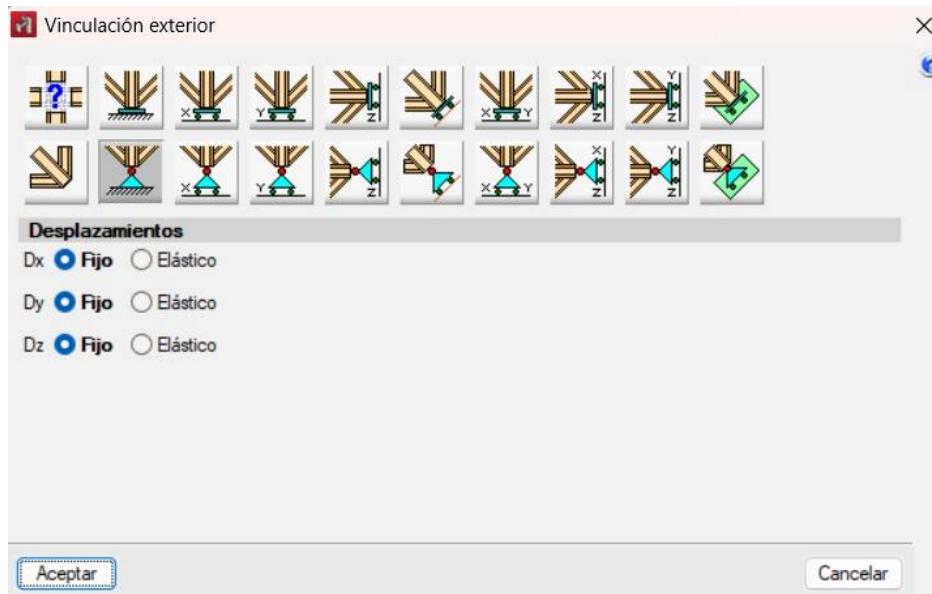
Nota. Fuente: CYPE 3D Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

6.5. Puntos fijos

Se vincula con el exterior del punto fijo seleccionado articulación, tomando en consideración los desplazamientos de D_x , D_y , D_z .

Figura 64

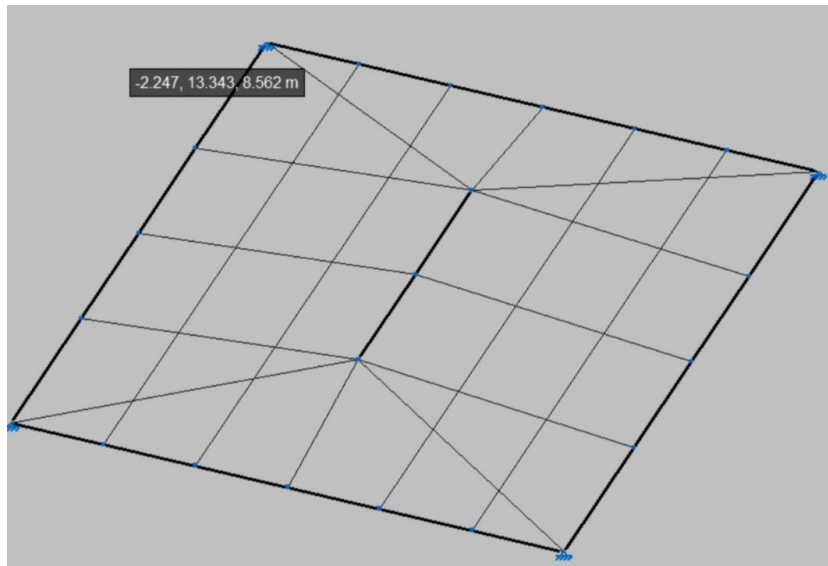
Vínculo con el exterior del punto fijo seleccionado articulación.



Nota. Fuente: CYPE 3D Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Figura 65

Creación de puntos fijos en la cubierta.



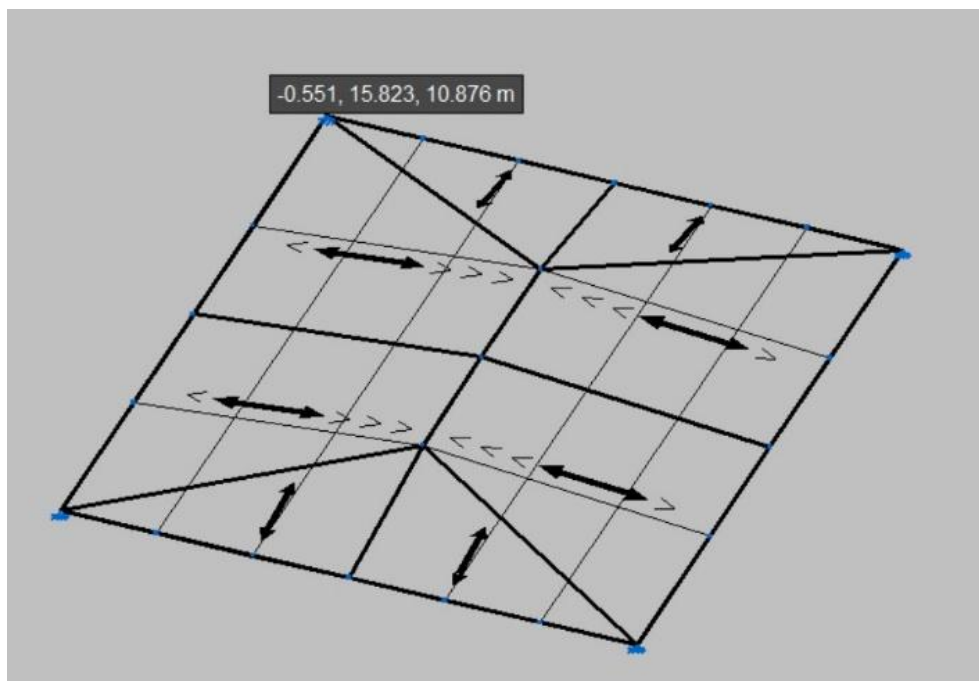
Nota. Fuente: CYPE 3D Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

6.6. Introducción de paños

Se introducen los paños para generar la dirección de la distribución de cargas sobre la superficie.

Figura 66

Introducción de paños en la cubierta de madera.



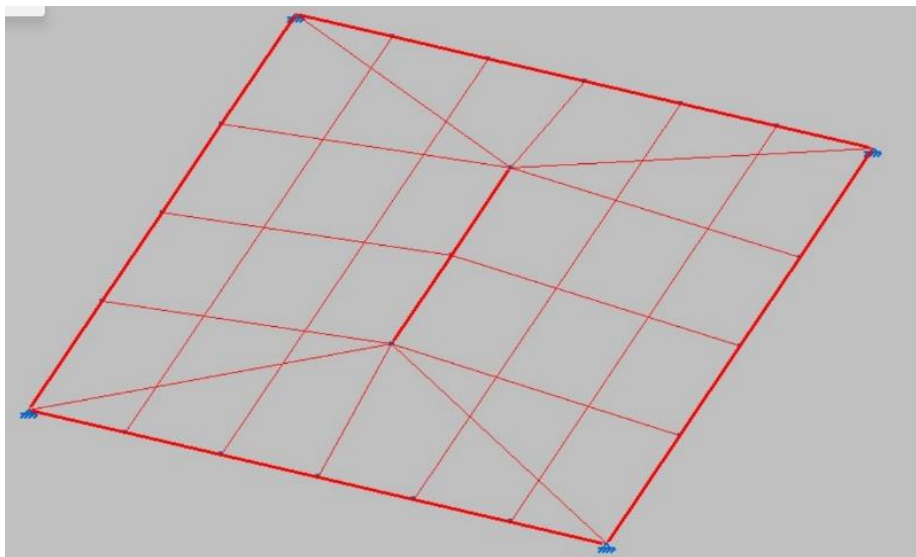
Nota. Fuente: *CYPE 3D Versión 2024*, Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J., 2024*.

6.7. Cálculo de la estructura de madera

Posterior al ingreso de dimensiones de las cargas y comprobaciones, se calcula la obra para analizar su resistencia. Mismo que no cumple con las comprobaciones según la norma, lo que puede provocar peligro de desplome de la estructura poniendo en riesgo la vida de los ocupantes.

Figura 67

Cálculo de la estructura, con acción sísmica.



Nota. Fuente: CYPE 3D Versión 2024, Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Todos estos resultados y procedimientos realizados y explicados paso a paso ayudaron a obtener los valores de resistencia de la estructura frente a un sismo, el cual se lo realizó mediante la corrección por corte basal, que se muestra en la **Figura 48**, que se aplica rigiéndose en la norma NEC, posterior a esto se obtuvo la flexibilidad, torsión de pilares, por cada nivel del edificio, y con la utilización de las cargas vivas y muertas se obtuvieron resultados favorables, por lo que no existe una torsión significativa como se muestran en la **Figura 54 y 55**, sin embargo en la parte de la estructura de madera que se encuentra en el último nivel, no cumple con la resistencia sísmica, establecido en la norma de construcción como se puede observar en la **Figura 67**, por lo que la ocurrencia de un desplome podría poner en riesgo la vida de los ocupantes.

4.1.3. Resultados del Objetivo 3

“Proponer medidas de fortalecimiento estructural que permitan mejorar la resiliencia del edificio ante sismos, garantizando su adecuada funcionalidad y seguridad para la comunidad universitaria.”

Para la obtención de las medidas de fortaleciendo que permitan mejorar la resiliencia del edificio ante sismos, garantizando su adecuada funcionalidad y seguridad para la comunidad universitaria, se realizó con base los resultados obtenidos de los objetivos 1 y 2, los cuales consisten en determinar la vulnerabilidad mediante una inspección visual, utilizando la metodología FEMA 154, para el modelamiento se usó el software Cypecad, el cual dio como resultado baja vulnerabilidad en la parte estructural, y en la cubierta dio resultados no favorables, ya que existe una excedencia de resistencia de los materiales según el modelamiento obtenido.

Tabla 25

Propuesta de medidas de reforzamiento estructural ante una amenaza sísmica.

Inspección estructural		
Variable	Medidas	Responsable
<ul style="list-style-type: none"> Estructural 	<ul style="list-style-type: none"> Reforzamiento de las secciones existentes de la cubierta, para aumentar su capacidad de resistencia en la sección transversal. 	Ingeniero civil
	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento permanente del sistema edificio. 	Personal encargado de mantenimientos en la Facultad de estudio
<ul style="list-style-type: none"> No estructural 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar inspecciones periódicamente de los elementos estructurales, para controlar el deterioro por el paso del tiempo. 	Personal encargado de mantenimientos en la Facultad de estudio

<ul style="list-style-type: none"> • Funcional 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar zonas seguras, rutas de evacuación, puntos de encuentro, para una óptima respuesta en caso de presentarse un sismo. 	<p>Dirección de Gestión de Riesgos.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar charlas con todo el personal que conforma la comunidad universitaria, para poner en conocimiento los procedimientos a realizar en caso de un sismo. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Con base a los resultados obtenidos, se propone realizar simulacros al menos una vez al mes, para crear una cultura de riesgo dentro la comunidad universitaria. 	

Modelamiento Estructural		
Variable	Medidas	Responsable
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema estructural (edificio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar cada que tiempo se debe realizar las inspecciones de los elementos estructurales. 	<p>Dirección de Gestión de Riesgos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta 	<ul style="list-style-type: none"> • Con base a los resultados obtenidos, se propone realizar una inspección, para determinar el estado de las barras de madera y con base al modelamiento se debe identificar los elementos que no cumplen, para que puedan ser reemplazados. 	<p>Ingeniero civil</p>

Resiliencia del edificio ante sismos		
Variable	Medidas	Responsable
<ul style="list-style-type: none"> • Funcionalidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de un plan de evacuación con rutas de salida señalizadas y puntos seguros. 	Ingeniero en riesgos de desastres
<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad para la comunidad universitaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de botiquines de primeros auxilios y equipos de emergencia. • Capacitación del personal en primeros auxilios y manejo de emergencias • Involucramiento de estudiantes, docentes y personal administrativo en la planificación de un plan de evacuación. 	Ingeniero en riesgos de desastres

Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

Se realizó una inspección visual del edificio, siguiendo la metodología FEMA-154, con la finalidad de identificar la tipología y el nivel de vulnerabilidad sísmica que está expuesto el edificio, para esto, se tomó en cuenta el formulario correspondiente a la clasificación de peligro sísmico determinado por la NEC-2014, la estructura evaluada consta de 4 pisos, destinado para uso especial (Educativo), es una estructura tipo C1 (estructura de concreto), construida en el año 1995 sobre un relleno consolidado considerado tipo D. El análisis determinó un puntaje final de 1.3, en este valor se tomó en cuenta factores como la construcción pre-código moderno, tipo de suelo D (suelo duro), lo que lo clasifica como una estructura de baja vulnerabilidad sísmica, no obstante, a este resultado, se debe resaltar la importancia de seguir los códigos de construcción vigentes por lo que es esencial realizar inspecciones en edificaciones construidas antes de la automatización de los códigos en el Ecuador.

Para el objetivo dos del proyecto de investigación, se realizó el análisis estructural del edificio mediante el uso del CYPECAD versión 2024, el cual, permitió modelar el comportamiento de la edificación ante un sismo, planteado según el mapa de aceleración sísmica determinado por la NEC-2014, los resultados que se obtuvieron fueron favorables, con respecto a la estructura del edificio, ya que los pilares y columnas cumplen con la distorsión de pilares, y en la torsión se determinó una baja vulnerabilidad con respecto a esta estructura, las complicaciones se presentaron en la parte de la cubierta, ya que existe fallas, mismas que no cumplen con la resistencia sísmica necesaria de los materiales, esta identificación representa un punto desfavorable que podría comprometer la seguridad y funcionalidad del edificio.

Con base a los resultados obtenidos después de realizar la inspección visual FEMA-154 y su respectivo modelamiento en el software Cypecad, se identificó la importancia de implementar medidas específicas, que garanticen la seguridad y sostenibilidad de la estructura del edificio, conjuntamente con revisiones técnicas después de presentarse un sismo, estas medidas se propusieron partiendo de las siguientes variables como inspección estructural, modelamiento estructural, resiliencia del edificio ante sismos, para garantizar su funcionalidad y seguridad, al determinar las medidas mencionadas anteriormente se busca tener una estructura resistente frente a eventos sísmicos, logrando una comunidad universitaria resiliente, que ayudará a tener una mejor funcionalidad y ocupación de edificios educativos, como es el del caso de estudio.

Recomendaciones

Se recomienda realizar periódicamente análisis estructurales detallados, con la finalidad de verificar el estado en el que se encuentra la edificación, aunque el resultado de la inspección haya sido de baja vulnerabilidad sísmica, debido a su ubicación, año de construcción y el historial sísmico que se ha presentado en los últimos años pueden ir aumentando y posiblemente causando a futuro, algunas afectaciones en la estructura, y establecer un plan de inspección rutinaria de las edificaciones, que permitan detectar deterioros en los elementos estructurales, ya que mediante estas acciones se garantizará la seguridad y funcionalidad del edificio a largo plazo.

Se recomienda poner en marcha las medidas de fortalecimiento estructural en la parte de la cubierta para lograr obtener una infraestructura óptima y funcional, las inspecciones periódicas de cada parte estructural sería óptimo hacerlas una vez al mes para corroborar que no exista ningún punto débil que pudiese afectar la continuidad de las labores cotidianas y con respecto a los planos como forma de fortalecer los conocimientos podrían encargarse el levantamiento de los planos estructurales o actualización de planos estructurales de todas las instalaciones de la universidad, a los estudiantes de la carrera de ingeniería en riesgos de desastres, con el fin de tener la información precisa de cada estructura y desarrollar nuevas aptitudes en la gestión de riesgos.

Establecer las medidas propuestas, las cuales son inspección estructural, modelamiento estructural, resiliencia del edificio ante sismos, funcionalidad y seguridad, con el uso de tecnologías avanzadas que permitan identificar estos problemas, como es el software Cypecad, también se sugiere fomentar la colaboración interdisciplinaria, entre ingenieros, arquitectos y académicos, con la finalidad de garantizar que las medidas a implementar sean puestas en

práctica de manera efectiva, contribuyendo significativamente a mejorar la resiliencia del edificio ante eventos sísmicos, minimizando riesgos y garantizando un espacio seguro y funcional para la comunidad universitaria.

Bibliografía

- Aceroform. (24 de octubre de 2023). *aceroform.com.mx*. Obtenido de <https://www.aceroform.com.mx/blog/que-es-una-losa/>
- Álvarez González, M. (2020). *riunet.upv.es*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/143937/%C3%81lvarez%20-%20TERMINOLOG%C3%8DA%20DE%20LAS%20ESCALERAS.pdf?sequence=1>
- Amangandi, K. E., Yasuma, E. M., & Barragán, G. (2019). 50Revista de Ciencias de Seguridad y DefensaANÁLISIS DE RIESGOS ANTE EVENTOS SÍSMICOS EN LAS EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA SANTA FE, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR, ECUADOR. *Ciencias de Seguridad y Defensa, IV(3)*, 50-88., IV, 51. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-seguridad-defensa/article/view/RCSDV4N3ART04/pdf>
- Andrade, I. (2014). *ESTRUCTURAS I*. Obtenido de Universidad de Cuenca: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=693803>
- Argentina.gob.ar. (23 de 11 de 2022). *Portal oficial del Estado argentino*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/inpres/docentes-y-alumnos/terremotos>
- Arias, F. G. (2012). *abacoenred.org*. Obtenido de <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- BLANCO, M. (09 de 2012). Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(3), 071-084. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0798-40652012000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Bungacho Pozo, J. I. (Marzo de 2022). *bibdigital.epn.edu.ec*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22639>
- Carreño, M., Cordona, O., & Barbath, A. (2011). Evaluación de la habitabilidad de edificios afectados por sismo utilizando la teoría de conjuntos difusos y las redes neuronales artificiales. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 27(4), 279. doi:10.1016/j.rimni.2011.08.006
- CASTILLO ROBLES , C. X., & CASTILLO YUMBO , J. S. (2020). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DOS VIVIENDAS ADOSADAS ANTE AMENAZA SÍSMICA. 11. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21407>
- Ceballos , A. (24 de junio de 2019). *andresceballos2019.wixsite.com*. Obtenido de <https://andresceballos2019.wixsite.com/inicio/post/sistemas-estructurales>
- Cedeño Figueroa, C. R. (2023). *repositorio.unesum.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6082/1/Cede%c3%b1o%20Figueroa%20Cristhian%20Rene.pdf>
- CEVALLOS BARZALLO, C. E. (2017). *repositotio.uta.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fd2f78a5-a579-43fa-afc4-a7283dcb8523/content>
- Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas. (23 de diciembre de 2021). *ingenieros-civiles.es*. Obtenido de <https://ingenieros-civiles.es/actualidad/actualidad/1/1075/ingenieria-civil-para-dummies-las-estructuras-y-su-clasificacion/>
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias Costa Rica. (2024). *Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias Costa Rica*.

Obtenido de ¿Qué es un simo?:

https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/informacion_educativa/recomentaciones_consejos/sismo.aspx

CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. (20 de Octubre de 2008). *Sección IX GESTIÓN DE RIESGOS*. Obtenido de

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2_OCT_DIJU_Constitucion.pdf

Cunalata Vásquez, F., & Caiza Sánchez, P. (25 de 05 de 2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 50(1), 55-56. doi:

<https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>

D. Hierros. (20 de noviembre de 2022). *Viga de cimentación*. Obtenido de

<https://dibujandohierros.home.blog/2022/11/20/viga-de-cimentacion/#:~:text=Una%20viga%20de%20cimentaci%C3%B3n%20es,aisladas%20que%20hubieran%20sido%20necesarias>

De Mora-Gaibor, M., Vallejo-Ilijama, M. T., & Pazmiño-Zabala, C. (06 de 12 de 2022).

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos. *Sociedad & Tecnología*, 6(1), 12. doi:<https://doi.org/10.51247/st.v6i1.321>

Domínguez Caicedo, M. (agosto de 2014). Períodos de vibración de las edificaciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 8(2), 6. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/1939/193932724001.pdf>

Fernández, I., & Gómez García, A. R. (30 de 06 de 2018). Evaluación de la vulnerabilidad

sísmica de 97 edificaciones de la “Comuna Santa Clara de San Millán”, Quito. *Eídos*, 11, 5. doi:<https://doi.org/10.29019/eidos.v0i11.417>

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda. (4 de Marzo de 2024).

guaranda.gob.ec. Obtenido de <https://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/datos-importantes/>

GORDILLO, C. (02 de mayo de 2018). *homify.com.co*. Obtenido de

https://www.homify.com.co/libros_de_ideas/5307783/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-contrapisos

Grupo Grasa. (21 de 07 de 2022). *GRUPO GRASA*. Obtenido de [https://grupograsa.es/como-](https://grupograsa.es/como-afectan-los-movimientos-sismicos-a-los-edificios-y-construcciones/#:~:text=Estos%20da%C3%B1os%20pueden%20tratarse%20de,de%20de)

[afectan-los-movimientos-sismicos-a-los-edificios-y-construcciones/#:~:text=Estos%20da%C3%B1os%20pueden%20tratarse%20de,de%20de](https://grupograsa.es/como-afectan-los-movimientos-sismicos-a-los-edificios-y-construcciones/#:~:text=Estos%20da%C3%B1os%20pueden%20tratarse%20de,de%20de)
[rumbamientos%20parciales%20o%20totales.](https://grupograsa.es/como-afectan-los-movimientos-sismicos-a-los-edificios-y-construcciones/#:~:text=Estos%20da%C3%B1os%20pueden%20tratarse%20de,de%20de)

Grupo Grasa. (14 de marzo de 2022). *Grupograsa.es*. Obtenido de [https://grupograsa.es/la-](https://grupograsa.es/la-humedad-en-la-construccion/)

[humedad-en-la-construccion/](https://grupograsa.es/la-humedad-en-la-construccion/)

Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (20 de julio de 2020).

Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Obtenido de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7591592>

Hernández Ávila, J. R., & Orozco Herazo, Á. R. (05 de abril de 2018). *dialnet.unirioja.es*.

Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6579723>

Hernández Sampieri, D. (2014). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de

[https://www.esup.edu.pe/wp-](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-)

[content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-)

[Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-)

Hernández, J. D., & Lockhart Castro, S. A. (junio de 2011). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón. *Ciencia y Sociedad*, 259 -260.

Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87019757004.pdf>

Ingenieros Asesores. (23 de marzo de 2023). *ingenierosasesores.com*. Obtenido de

<https://ingenierosasesores.com/actualidad/grietas-estructurales-peligrosas-como-identificarlas-repararlas/>

INGENIEROS ASESORES. (28 de junio de 2023). *ingenierosasesores.com*. Obtenido de

<https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-tipos-de-cimentaciones-existen/>

INGENIEROS ASESORES. (22 de enero de 2025). *ingenierosasesores.com*. Obtenido de

<https://ingenierosasesores.com/actualidad/usos-del-hormigon-armado-en-la-construccion/>

LafargeHolcim España. (12 de Diciembre de 2023). *holcim.es*. Obtenido de

<https://www.holcim.es/hormigon-armado-que-es-como-funciona-y-para-que-sirve>

Martinez, G. (11 de febrero de 2020). *Ingenieria y construccion colombia.com/*. Obtenido de

<https://www.ingenieria y construccion colombia.com/fisuras-o-grietas/>

Merino, E., & Anampa, J. (2022). *repositorio.upn.edu*. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33212/Anampa%20Anticona%2C%20Joel%20->

[%20Merino%20Iglesias%2C%20Eduardo%20Aldair.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33212/Anampa%20Anticona%2C%20Joel%20-%20Merino%20Iglesias%2C%20Eduardo%20Aldair.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MIDUVI. (15 de Diciembre de 2011). *GUÍA PRÁCTICA PARA EVALUACIÓN RÁPIDA DE*

VULNERABILIDAD SÍSMICA. Obtenido de FEMA 154:

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/0.->

[Manual_procedimiento_evaluacio%CC%81n_edificaciones_MIDUVI.pdf](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/0.-Manual_procedimiento_evaluacio%CC%81n_edificaciones_MIDUVI.pdf)

- MIDUVI. (2015). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION.pdf>
- MIDUVI. (2016). *Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad del Ministerio de Desarrollo Urbano y Viviendas*. Obtenido de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/0.-Manual_procedimiento_evaluacio%CC%81n_edificaciones_MIDUVI.pdf
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (26 de Agosto de 2014). *habitatyvivienda.gob.ec*. Obtenido de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/2014-08-26_Registro-Oficial-No.-319_AM-No.-0028_Expedici%C3%B3n-NEC-SE-CG_DS_RE_GC_HM_MP.pdf
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (07 de 03 de 2023). *habitatyvivienda.gob.ec*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION.pdf>
- Moposita Romero , E. J., Guaranga Bayas, C. L., Mas Camacho , M. R., & Noboa Flores , G. A. (17 de 03 de 2021). VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO. UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR. 2019. *Revista de Investigación Talentos*, 8(1), 33. doi:<https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.141>
- National Geographic. (06 de 05 de 2024). *National Geographic*. Obtenido de ¿Qué es la escala de Richter?: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2024/05/que-es-la-escala-de-richter>

- NEC. (2014). *CARGAS (NO SÍSMICAS)*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI): <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>
- NEC. (diciembre de 2014). *habitatyvivienda.gob.ec*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/10.-NEC-SE-MP-Mamposteria-Estructural.pdf>
- NEC. (2014). *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-2.pdf>
- NEC. (2014). *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- NEC. (06 de 11 de 2017). Obtenido de [habitatyvivienda.gob.ec](https://www.habitatyvivienda.gob.ec): <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PREGUNTAS-Y-RESPUESTAS.pdf>
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (29 de agosto de 2022). *definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/edificio/>
- Pimienta Prieto, J. H., & De la Orden Hoz, A. (2017). <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080>. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/20.500.14624/1268>
- Quinde, P., & Reinoso, E. (Junio de 2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Ingeniería sísmica*, 9. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001

REA ANALUIZA, M. A., & TAMAMI LLACHUMA, B. E. (2023). *dspace.ueb.edu.ec*.

Obtenido de <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4548cfdb-961b-4c20-bf89-a15b5ac49b9e/content>

Rivas Palma, C. J., Zerna Gavilanes, P. D., & Santos Baquerizo, E. (2021). *Utilización del software Cypecad en el diseño sismo resistente de un edificio de cinco pisos utilizando como material el hormigón armado*. Obtenido de

<https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19727/1/ATT00019.pdf>

Rojas, A. (20 de 12 de 2019). *Geología-Publicaciones*. Obtenido de Ondas Sísmicas:

<https://post.geoxnet.com/glossary/ondas-sismicas/>

Samaniego, G. (28 de agosto de 2022). *Enfoque, tipo, diseño y método de investigación*.

Obtenido de https://miasesor detesis.com/enfoque-tipo-diseno-metodo-de-investigacion/#Tipos_de_investigacion_segun_el_nivel_o_alcance

SNGR. (2018). *GLOSARIO DE TÉRMINOS DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES*.

Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%3%89RMINOS-DE-GESTI%3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf>

Torres Morales, G. F., & Suárez, M. L. (02 de mayo de 2016). *www.uv.mx/cienciauv/blog/*.

Obtenido de <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/hablemosunpocosobreamenazasismic/>

Universidad de Costa Rica. (24 de enero de 2019). *¿Qué es una falla geológica?* . Obtenido de

<https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/244-que-es-una-falla>

Universidad Nacional de Catamarca. (2020). *Contrapiso*. Obtenido de

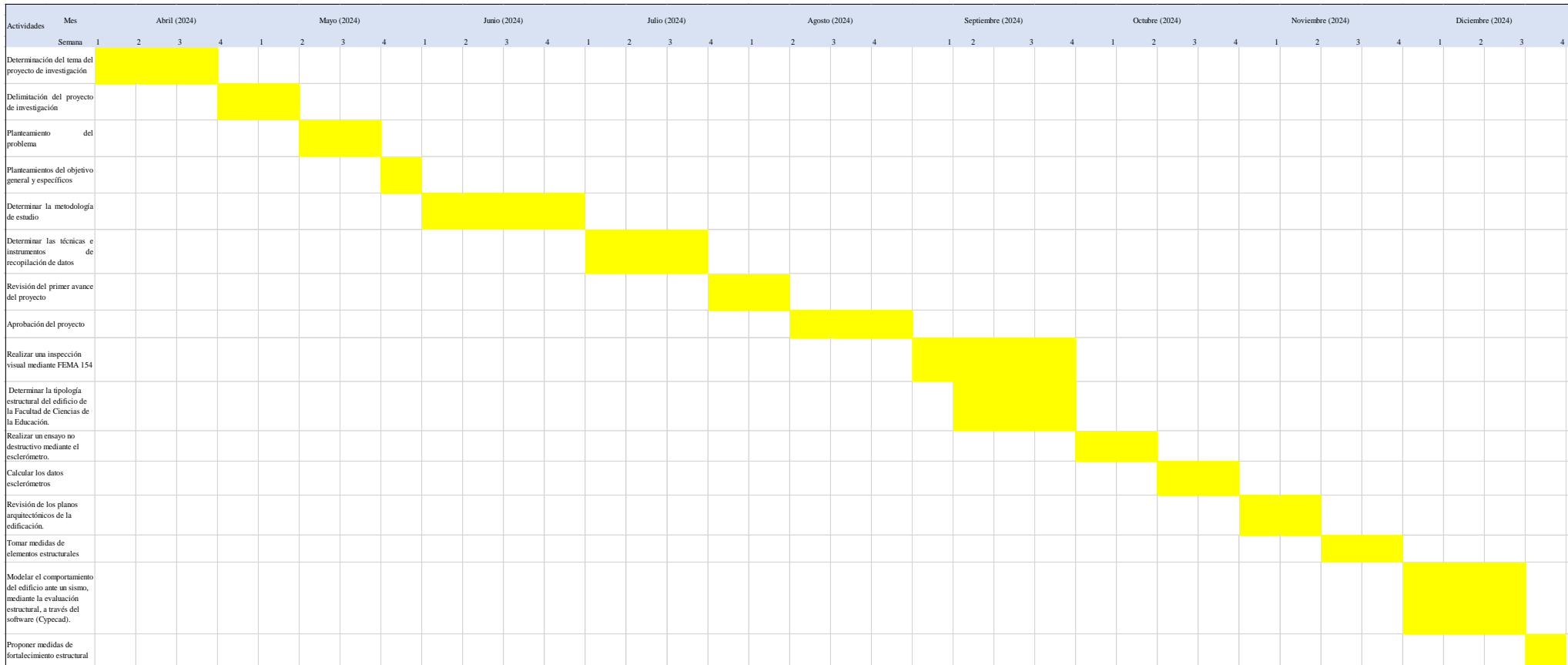
<https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-catamarca/construcciones/contrapiso-teorico/8462798#>

- Villavicencio Logroño, R. A. (agosto de 2023). *Repositorio UISEK*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/5049/1/Tesis%2520Roger%2520Villavicencio.pdf&ved=2ahUKEwiLm8yZsbCKAxW2TDABHbrVLf4QFnoECB4QAQ&usg=AOvVaw0NCrirQSk_RipcwXBphoo2
- Villegas, A. (11 de 02 de 2023). *Diario AS*. Obtenido de <https://as.com/actualidad/que-es-la-escala-de-mercalli-que-mide-en-los-sismos-y-en-que-se-diferencia-de-escala-de-richter-n/>
- Washingtons, D. (2004). Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud. *Organización Panamericana de la Salud*, 166. Obtenido de <https://www.planeamientohospitalario.info/contenido/referencia/FundamentosNew.pdf>
- Zambrano, L. (junio de 2022). Patologías en edificaciones. 2. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/361456143_Patologias_en_edificaciones

ANEXOS

Anexo 1

Cronograma (Gantt).



Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Anexo 2*Presupuesto Ejecutado en el Trabajo de Titulación.*

Material	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Objetivo 1			
Impresiones	3	\$0,05 C/U	\$0,15
Celular	2	\$ 300 C/U	\$ 600
Objetivo 2			
Hojas	5	\$ 0,03 C/U	\$0,15
Impresiones	5	\$0,05 C/U	\$0,25
Carpeta	1	\$1,00	\$1,00
Lápiz Mongol	1	\$0,50	\$0,50
Borrador Pelikan	1	\$ 0,25	\$0,25
Licencia Cypecad	1	\$1089	\$1089
Regla	2	\$0,50 C/U	\$1,00
Flexómetro	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Cuaderno	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Esclerómetro	1		
Objetivo 3			
Computador	2	\$800 C/U	\$1.600
Total			\$3.298,3

Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024.

Anexo 3

Formulario aplicado de datos esclerométricos



CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

FACULTAD DE
CIENCIAS DE
LA SALUD Y
DEL SER HUMANO

FORMULARIO DEL ESCLEROMETRO

1. DATOS GENERALES

NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN	Facultad de Ciencias de la Educación
FECHA ESTRUCTURAL A EVUALUAR	Pitaren
FECHA DE EVALUACIÓN	12 / 11 / 2024
TIPO DE VONSTRUCCIÓN	Regular
NOMBRE DEL EVALUADOR	Elián Reinoso

2. DATOS DE REBOTE

Nº DE LECTURA	DATOS DEL REBOTE
1	29
2	30
3	32
4	32
5	34
6	30
7	30
8	27
9	36
10	38
11	38
12	36
PROMEDIO	32,93

Nº DE LECTURA	DATOS DEL REBOTE
1	28
2	30
3	32
4	28
5	32
6	30
7	30
8	32
9	30
10	32
11	30
12	31
PROMEDIO	30,92

Nº DE LECTURA	DATOS DEL REBOTE
1	33
2	29
3	32
4	27
5	27
6	32
7	29
8	31
9	32
10	32
11	30
12	30
PROMEDIO	30,33

Nº DE LECTURA	DATOS DEL REBOTE
1	26
2	26
3	26
4	24
5	24
6	25
7	22
8	25
9	26
10	25
11	28
12	26
PROMEDIO	25,25

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda-Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

Nota. Elaborado: Reinoso E., 2024 Fecha: 12 de noviembre de 2024.

Anexo 4

Formulario aplicado de datos esclerométricos.



CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

FACULTAD DE
CIENCIAS DE
LA SALUD Y
DEL SER HUMANO

FORMULARIO DEL ESCLEROMETRO

1. DATOS GENERALES

NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN	Facultad de Ciencias de la Edificación.
FECHA ESTRUCTURAL A EVUALUAR	Pilares y Vigas.
FECHA DE EVALUACIÓN	12/11/2024
TIPO DE VONSTRUCCIÓN	Regular
NOMBRE DEL EVALUADOR	Josélin Zurita.

2. DATOS DE REBOTE

Nº DE LECTURA	DATOS DEL REBOTE
1	37
2	36
3	36
4	38
5	37
6	40
7	37
8	37
9	36
10	35
11	37
12	34
PROMEDIO	36,63

Nº DE LECTURA	DATOS DEL REBOTE
1	37
2	40
3	34
4	35
5	35
6	36
7	40
8	30
9	36
10	35
11	34
12	30
PROMEDIO	35,33

Nº DE LECTURA	DATOS DEL REBOTE
1	29
2	30
3	32
4	32
5	34
6	30
7	30
8	27
9	36
10	38
11	38
12	38
PROMEDIO	32,63

Nº DE LECTURA	DATOS DEL REBOTE
1	34
2	32
3	36
4	33
5	34
6	32
7	32
8	40
9	36
10	41
11	42
12	41
PROMEDIO	36,08

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secalra
 Guaranda-Ecuador
 Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

Nota. Elaborado: Zurita J., 2024. Fecha: 12 de noviembre de 2024.

Anexo 5

Oficio para la obtención del esclerómetro.



INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

FACULTAD DE
CIENCIAS DE
LA SALUD Y
DEL SER HUMANO

Guaranda, 22 de octubre del 2024

Dr. Fabián Bayas

Director de Investigación y Vinculación

Presente

De nuestra consideración:

Nosotros **Joselin Marilu Zurita Guamarica** con CI 0202274437 y **Edwin Elian Reinoso Torres** con CI 1900775634, nos dirigimos a usted, para solicitar el uso del equipo esclerómetro, para la tesis titulada "Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural ante sismos en el edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB)", con tutor encargado el Ing. **Gino Noboa**, con el fin de poder realizar ensayos de patología de resistencia del hormigón en las columnas del edificio mencionado anteriormente, durante el 4 al 8 de noviembre del presente año y poder ir culminando con nuestro proyecto de tesis. Su apoyo nos ayudaría enormemente a alcanzar nuestra meta.

Por la atención que se digne dar al presente, anticipamos nuestro agradecimiento

Atentamente

Ing. Gino Noboa

UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR
RECIBIDO
DPTO. DE INVESTIGACIÓN
Fecha: 22/10/2024 Hora: 9:29
Secretaría

Joselin Marilu Zurita Guamarica

Edwin Elian Reinoso Torres

Nota. Elaborado: *Reinoso E. y Zurita J.*, 2024. Fecha: 22 de octubre de 2024.

Anexo 6

Acta de entrega del esclerómetro.



UNIVERSIDAD
ESTATAL
DE BOLÍVAR

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
Y VINCULACIÓN

ACTA ENTREGA RECEPCIÓN

En la ciudad de Guaranda, a los veinte y nueve días del mes de octubre de 2024, se realiza el acta entrega recepción entre el Dr. Favián Bayas, Director de Investigación y Vinculación y los estudiantes Joselin Marilu Zurita Guamarica con Ci. 0202274437 y Edwin Elian Reinoso Torres con Ci. 1900775634, tesistas del proyecto de investigación Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural ante sismos en el edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB), lo siguiente:

Cant.	Descripción	Marca	Código	Observaciones
1	Esclerómetro de Béton	Proceq	24327230	Buen estado y funcional

Tiempo de uso: del 08 de noviembre al 15 de noviembre de 2024.

ENTREGUE CONFORMERECIBÍ CONFORME

Isidro Favian Bayas Morejón, Ph. D.
Director de Investigación y Vinculación

Joselin Marilu Zurita Guamarica
Tesisista

Edwin Elian Reinoso Torres
Tesisista

Nota: Se indica que el Ing. Gino Alfonso Noboa Flores con Ci. 0200720142, Docente Investigador, en facultad de tutor encargado de las tesis Zurita y Reinoso, es corresponsable de la entrega del artículo en el mismo estado recibido.

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda-Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024. Fecha: 08 de noviembre de 2024.

Anexo 7*Oficio para hacer uso de las instalaciones.*

INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

FACULTAD DE
CIENCIAS DE
LA SALUD Y
DEL SER HUMANO

Guaranda, 11 de noviembre del 2024

Dr. Francisco Moreno

Decano de la Facultad Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas

Presente

De nuestra consideración:

Nosotros **Joselin Marilu Zurita Guamarica** con CI 0202274437 y **Edwin Elian Reinoso Torres** con CI 1900775634, nos dirigimos a usted, para solicitar el uso de las instalaciones para realizar ensayos de patología de resistencia del hormigón en las columnas del edificio, para la tesis titulada "Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural ante sismos en el edificio de la Facultad de Ciencias de la Educación, Sociales, Filosóficas y Humanísticas de la Universidad Estatal de Bolívar (UEB)", con tutor encargado el **Ing. Gino Noboa**, durante el 11 al 22 de noviembre del presente año y poder ir culminando con nuestro proyecto de tesis. Su apoyo nos ayudaría enormemente a alcanzar nuestra meta.

Por la atención que se digne dar al presente, anticipamos nuestro agradecimiento

Atentamente

Ing. Gino Noboa

Joselin Marilu Zurita Guamarica

Edwin Elian Reinoso Torres

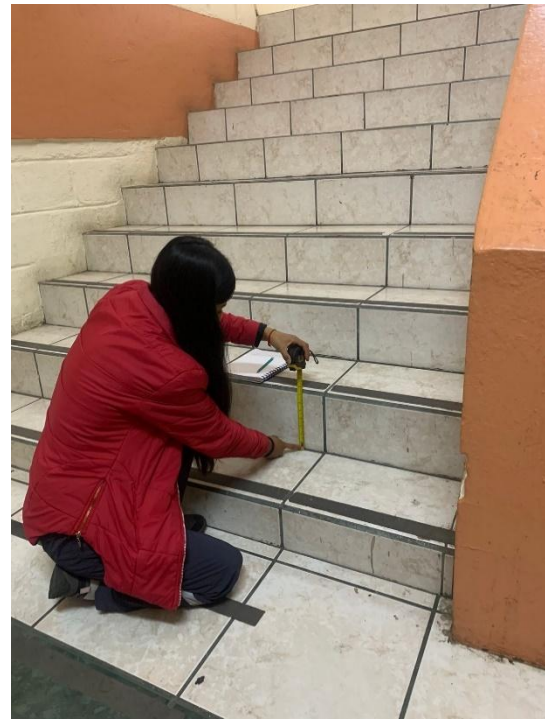
Noboa
12/11/2024

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda-Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024. Fecha: 11 de noviembre de 2024.

Anexo 8

Inspección Visual para el cumplimiento del objetivo 1



Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024. Fecha: 11 de noviembre de 2024.

Anexo 9

Dibujo del cuadro para la toma de pruebas del esclerómetro, objetivo 2.



Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024. Fecha: 12 de noviembre de 2024.

Anexo 10

Preparación de la superficie estructural con la piedra abrasiva.



Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024. Fecha: 12 de noviembre de 2024.

Anexo 11

Toma de muestras con el esclerómetro en los pilares.



Nota. Elaborado: Reinoso E. y Zurita J., 2024. Fecha: 12 de noviembre de 2024.