



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN SÍSMICA SIMPLIFICADA DE LOS
HOSPITALES BÁSICOS DE LA REGIÓN SIERRA CENTRO –
NORTE, ECUADOR EN EL 2023**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera e Ingeniero Civil

AUTORES: Nidia Geomara Tasigchana Viteri
Andrés Alejandro Vaca Guamba

TUTOR: Carlos Alexis Ayala Moya

Quito - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Nidia Geomara Tasigchana Viteri con documento de identificación N° 1721536579 y Andrés Alejandro Vaca Guamba con documento de identificación N° 1722923982; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 06 de marzo del 2024

Atentamente,



Nidia Geomara Tasigchana Viteri
1721536579



Andrés Alejandro Vaca Guamba
1722923982

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Nidia Geomara Tasigchana Viteri con documento de identificación N° 1721536579 y Andrés Alejandro Vaca Guamba con documento de identificación N° 1722923982; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Inspección y evaluación sísmica simplificada de los hospitales básicos de la región sierra centro – norte, Ecuador en el 2023”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 06 de marzo del 2024

Atentamente,



Nidia Geomara Tasigchana Viteri
1721536579



Andrés Alejandro Vaca Guamba
1722923982

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Alexis Ayala Moya con documento de identificación N° 1712968971, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN SÍSMICA SIMPLIFICADA DE LOS HOSPITALES BÁSICOS DE LA REGIÓN SIERRA CENTRO – NORTE, ECUADOR EN EL 2023, realizado por Nidia Geomara Tasigchana Viteri con documento de identificación N° 1721536579 y Andrés Alejandro Vaca Guamba con documento de identificación N° 1722923982, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 06 de marzo del 2024

Atentamente,



Ing. Carlos Alexis Ayala Moya, MSc.

1712968971

DEDICATORIA

A mis queridos padres Fredy y Piedad, por su enorme esfuerzo y constante motivación que me han impulsado a alcanzar mis metas.

A mis hermanas Cristina y Gabriela por su apoyo persistente en cada paso de este camino.

A mi esposo Félix, por ser un respaldo incondicional en este proceso.

A mis sobrinos, Mathias, Julián y Andrew que este trabajo sea un recordatorio de que siempre estaré aquí para apoyarlos y celebrar sus logros.

A mi pequeño Thomas, con la esperanza de que este trabajo te inspire tanto como tú me inspiras a mí.

Nidia G. Tasigchana Viteri.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Armando y Catalina, quienes siempre han sido mi fuente inagotable de inspiración, apoyo y amor incondicional. Su sacrificio y dedicación han sido una luz que guio cada paso de este camino académico. Han sido para mí un claro ejemplo de perseverancia demostrándome que luchando por lo que uno desea se lo puede conseguir.

A mis hermanos Miryam, Francisco y Andrea que gracias a sus consejos he podido superar cada uno de los obstáculos que se me han presentados en mi vida y gracias a ellos he podido alcanzar una de muchas metas.

Para mis sobrinas Abigail, Aiyrin, Sarahí, Zoe y mi sobrino Samuel, que pese a que no soy su padre han sido una fuente de inspiración ya que anhelo de todo corazón poder brindarles todo el apoyo que necesiten y en mi vean reflejado un ejemplo de superación. Dedico también a mi amiga Melanie Guerrero; una de las pocas personas que me ha brindado su amistad sincera y leal; una amistad en donde no existe envidia sino superación por ser mejores profesionales.

A mi novia Verónica, que sin duda alguna ha sido uno de los motores para seguir con mi carrera; siempre dándome ese amor tan bonito y sincero, al igual que su apoyo incondicional.

Andrés A. Vaca Guamba.

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia que siempre me ha brindado su apoyo y cariño.

Al Ing. Carlos Ayala MSc. por haberme apoyado y guiado en el desarrollo del presente trabajo de titulación.

A todos los profesores que durante mi paso por la carrera me enseñaron a disfrutar de la Ingeniería Civil y aplicarla siempre con responsabilidad y honor.

Al Ing. Miguel Amagua, cuya invaluable colaboración en la logística y profunda inspiración durante las prácticas preprofesionales ha dejado una huella imborrable en mi formación profesional.

Nidia G. Tasigchana Viteri.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente a mis padres que sin ellos no sería posible este sueño que se volvió realidad, Dios siempre les bendiga padres amados.

Al ingeniero Carlos Ayala Msc; que gracias a su acompañamiento y asesoría no sería posible el presente trabajo de titulación

Para los docentes que se han presentado en toda mi carrera universitaria, quienes de alguna manera han sido un ejemplo de cómo ser un gran profesional poniendo la responsabilidad que tenemos como ingenieros civiles

Para mis amigos que han estado siempre conmigo, en las buenas y las malas; ya que siempre hemos estado juntos como estudiantes y ahora lo estaremos como profesionales.

Andrés A. Vaca Guamba.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Problema de estudio	2
1.2.1. Antecedentes.....	2
1.2.2. Formulación de hipótesis.....	3
1.2.3. Importancia.....	3
1.2.4. Delimitación	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2. Marco Teórico.....	7
2.1. Ladrillos.....	7
2.1.1. Partes de un ladrillo	7
2.1.2. Clasificación	8
2.2. Unidades de concreto.....	10
2.2.1. Clasificación	10
2.3. Historia de la albañilería.....	11
2.4. Mortero	11
2.4.1. Tecnología	11
2.4.2. Adhesión.....	12
2.4.3. Propiedades.....	12
2.4.4. Ingredientes	14
2.4.4.1. Cemento.....	14
2.4.4.2. Cal.....	15
2.4.4.3. Arena	15
2.4.4.4. Agua	15
2.4.4.5. Aire incorporado.....	16
2.4.4.6. Influencias	16
2.4.5. Proporciones y Mezclado	18
2.5. Mampostería	19
2.5.1. Mampostería confinada	20
2.5.2. Mampostería reforzada	20
2.5.3. Propiedades de la mampostería	21
2.5.3.1. Resistencia a la compresión.....	21
2.5.3.2. Resistencia a la tracción	22
2.5.3.3. Variabilidad dimensional.....	23
2.6. Cortante Basal	23
2.7. Riesgo Sísmico	23

2.8.	Escala de Mercalli	23
2.9.	Escala de Richter	25
2.10.	Terremotos ocurridos en la zona de estudio	26
2.11.	Clasificación de daños	27
2.12.	Dinámica de estructuras.....	28
2.13.	Zonificación sísmica del Ecuador.....	28
2.14.	Espectro de Respuesta Para Diseño.....	29
2.15.	Vulnerabilidad sísmica	30
2.16.	Seguridad Estructural	31
2.17.	Distribución de las unidades de salud	31
2.18.	Hospitales básicos	32
CAPITULO III		34
METODOLOGÍA.....		34
3. Metodología.....		34
3.1.	Tipo de investigación	34
3.2.	Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Información ...	34
3.2.1.	Observación	34
3.2.2.	Fichas.....	35
3.2.3.	Modelamiento sísmico.....	35
3.2.4.	Entrevistas	35
3.2.5.	Recopilación de datos	35
3.3.	Formulario: Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad de edificaciones Guía 5: Evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras; de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015	36
3.3.1.	El formulario	37
3.3.2.	Datos de la edificación:	39
3.3.2.1.	Dirección:	39
3.3.2.2.	Nombre de la edificación:	39
3.3.2.3.	Sitio de referencia:.....	39
3.3.2.4.	Tipo de uso:	39
3.3.2.5.	Fecha de evaluación:	39
3.3.2.6.	Año de construcción:	40
3.3.2.7.	Año de remodelación:.....	40
3.3.2.8.	Área construida:.....	40
3.3.2.9.	Número de pisos:	40
3.3.2.10.	Datos del profesional:.....	41
3.3.2.11.	Esquema estructural en planta y elevación en la edificación:	42
3.3.2.12.	Fotografía:	42
3.3.2.13.	Identificación del Sistema Estructural:.....	43
3.3.2.13.1.	Madera (W1):	44
3.3.2.13.2.	Mampostería sin refuerzo (URM):	44
3.3.2.13.3.	Mampostería reforzada (RM):.....	44
3.3.2.13.4.	Mixta acero-hormigón o mixta madera hormigón (MX):	45

3.3.2.13.5.	Pórticos de hormigón armado (C1):	45
3.3.2.13.6.	Pórticos de Hormigón Armado con muros estructurales (C2):	46
3.3.2.13.7.	Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3):	46
3.3.2.13.8.	Hormigón armado prefabricado (PC):	47
3.3.2.13.9.	Pórtico acero laminado (S1):	48
3.3.2.13.10.	Pórtico de acero laminado con diagonales (S2):	49
3.3.2.13.11.	Pórtico de acero doblado en frío (S3):	49
3.3.2.13.12.	Pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón armado (S4):	50
3.3.2.13.13.	Pórticos de acero con paredes de mampostería (S5):	51
3.3.2.13.14.	Altura de la edificación:	52
3.3.2.13.15.	Irregularidad de la edificación:	53
3.3.2.13.16.	Irregularidad vertical:	54
3.3.2.13.17.	Irregularidad en planta:	56
3.3.2.13.18.	Código de la construcción:	57
3.3.2.13.19.	Tipo de Suelo	60
3.3.2.13.20.	Puntaje final, S y Grado de vulnerabilidad sísmica:	61
3.3.2.13.21.	Observaciones:	61
3.4.	Formulario: Índice de Seguridad Hospitalaria: Aspectos relacionados con la seguridad estructural	62
3.4.1.	Índice de Seguridad Hospitalaria	62
3.4.2.	Formulario 2 (ISH): Ficha de evaluación del nivel de seguridad del establecimiento de salud”	63
3.4.3.	Introducción de los datos en la hoja de cálculo del Índice de Seguridad Hospitalaria	65
3.4.4.	Título del formulario:	66
3.4.5.	Módulo	66
3.4.6.	Sección del módulo	67
3.4.7.	Parámetro por evaluar	67
3.4.8.	Número de parámetro	67
3.4.9.	Grado de seguridad	67
3.4.10.	Control	67
3.4.11.	Observaciones	68
3.4.12.	Metodología Para Índice De Seguridad	68
3.4.13.	Ponderación horizontal	70
3.4.14.	Factor de seguridad	70
3.4.15.	Rango de extremo horizontal	71
3.4.16.	Índice de seguridad	71
3.4.17.	Índice de vulnerabilidad	71
3.5.	Aplicación de los formularios	72
3.6.	Aplicación del ISH	84
3.7.	Planos	86

3.8.	Resultados.....	87
CAPÍTULO IV.....		94
MODELACION.....		94
4.	Modelación de la estructura	94
4.1.	Definición de materiales	94
4.2.	Definición de secciones	97
4.3.	Definición de cargas	102
4.4.	Configuración y distribución del hospital básico “El Corazón”.....	114
4.5.	Vista en planta y 3D de la edificación por medio del programa ETABS.....	114
4.6.	Resultados modelación	118
CONCLUSIONES		122
RECOMENDACIONES		124
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		125
ANEXOS		131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Ladrillo	8
Tabla 2. Clasificación de Ladrillos: Huecos y Macizos	9
Tabla 3. Bloques de Hormigón de Acuerdo con su Densidad.....	10
Tabla 4. Influencia de los Componentes del Mortero	16
Tabla 5. Mortero: Proporciones en Volumen con Cemento Portland	18
Tabla 6. Escala de Mercalli	24
Tabla 7. Escala de Richter	25
Tabla 8. Terremotos en los Últimos Años Presentes en el Ecuador.....	26
Tabla 9. Descripción de Daños y Costos de Reposición	28
Tabla 10. Valores de Factor "Z" en Función de la Zona Sísmica Adoptada	29
Tabla 11. Distribución de las Unidades Operativas de Salud.....	32
Tabla 12. Tipos de Irregularidad Vertical en las Edificaciones	54
Tabla 13. Tipos De Irregularidad en Planta en las Edificaciones.....	56
Tabla 14. Formulario: Índice de Seguridad Hospitalaria (Ish).....	64
Tabla 15. Identificación de las Partes del Formulario	69
Tabla 16. Sumatorias Por Grado de Seguridad.....	70
Tabla 10. Recomendaciones Generales de Intervención	72
Tabla 17. Resultados: Formulario de Evaluación Visual Rápida.....	87
Tabla 18. Resultados: Índice de Seguridad Hospitalaria	90
Tabla 19. Peso Unitario de los Materiales	94
Tabla 20. Coeficiente de Importancia I.....	103
Tabla 21. Ductilidad y Factor de Reducción	104
Tabla 22. Zona Sísmica y Factor De Zona Z.....	104
Tabla 23. Geología Local	105
Tabla 24. Coeficiente de Amplificación del Suelo Fa.....	105
Tabla 25. Factor de Amplificación Fd.....	106
Tabla 26. Comportamiento No Lineal de los Suelos Fs	106
Tabla 27. Expresiones del Espectro de Diseño.....	108
Tabla 28. Configuración Estructural	109
Tabla 29. Factor de Irregularidad	111
Tabla 30. Coeficiente de Irregularidad en Elevación	112
Tabla 31. Expresiones Utilizadas Para el Cortante Basal.....	113
Tabla 32. Combinación de Carga	113
Tabla 33. Periodos del Bloque A-B1	118
Tabla 34. Periodos del Bloque B2.....	119
Tabla 35. Periodos del Bloque C	120
Tabla 36. Resultados del Sismo Del Bloque A-B1	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los Hospitales Básicos de la Región Sierra Centro - Norte del País.	4
Figura 2. Partes de un Ladrillo	8
Figura 3. Mampostería Confinada.....	20
Figura 4. Tipología de Mampostería Reforzada.....	21
Figura 5. Ensayo: Resistencia a la Compresión	22
Figura 6. Ecuador, Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño y Valor del Factor de Zona Z	29
Figura 7. Formulario: Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones	38
Figura 8. Datos de la Edificación Dentro del Formulario	41
Figura 9. Datos del Profesional Dentro del Formulario	41
Figura 10. Esquema Estructural en Planta y Elevación de la Edificación Dentro del Formulario	42
Figura 11. Ubicación de Fotografía de la Estructura Dentro del Formulario.....	43
Figura 12. Ubicación de la Tipología Del Sistema Estructural Dentro Del Formulario.....	43
Figura 13. Tipo de Sistema Estructural: Madera (W1)	44
Figura 14. Tipo de Sistema Estructural: Mixta Acero-Hormigón o Mixta Madera Hormigón (Mx)	45
Figura 15. Tipo de Sistema Estructural: Pórticos de Hormigón Armado (C1)	45
Figura 16. Tipo de Sistema Estructural: Pórticos de Hormigón Armado con Muros Estructurales (C2).....	46
Figura 17. Tipo de Sistema Estructural: Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería Confinada Sin Refuerzo (C3)	47
Figura 18. Tipo de Sistema Estructural: Hormigón Armado Prefabricado (Pc)	48
Figura 19. Tipo de Sistema Estructural: Pórtico de Acero Laminado (S1).....	48
Figura 20. Tipo de Sistema Estructural: Pórtico de Acero Laminado con Diagonales (S2)	49
Figura 21. Tipo de Sistema Estructural: Pórtico de Acero Doblado en Frío (S3).....	50
Figura 22. Tipo de Sistema Estructural: Pórtico de Acero Laminado con Muros Estructurales de Hormigón Armado (S4)	50
Figura 23. Tipo de Sistema Estructural: Pórtico de Acero con Paredes de Mampostería (S5)	51
Figura 24. Puntaje Básico de Acuerdo con la Tipología Estructural Dentro Del Formulario	52
Figura 25. Modificadores: Altura de la Edificación.....	53
Figura 26. Modificadores: Irregularidades de la Edificación.....	53
Figura 27. Modificadores: Código de la Construcción	57
Figura 28. Portada del Código de Construcción de 1951	58
Figura 29. Modificadores: Tipo de Suelo Dentro del Formulario.....	60
Figura 30. Puntaje Final, S y Grado de Vulnerabilidad Sísmica.....	61

Figura 31. Observaciones Dentro del Formulario	62
Figura 32. Identificación de Componentes del Formulario.....	66
Figura 33. Ponderación Horizontal	70
Figura 34. Datos de la Edificación-Hospital Básico El Corazón	72
Figura 35. Datos del Profesional-Hospital Básico El Corazón	74
Figura 36. Esquema Estructural en Planta y Elevación en la Edificación - Hospital Básico El Corazón	74
Figura 37. Vista Frontal del Hospital Básico El Corazón	75
Figura 38. Vista Frontal - Hospital Básico El Corazón: Identificación de Bloques.....	75
Figura 39. Vista Posterior - Hospital Básico El Corazón: Identificación de Bloques...	76
Figura 40. Vista Frontal Bloque C - Hospital Básico El Corazón	76
Figura 41. Vista Frontal Bloque B - Hospital Básico El Corazón	77
Figura 42. Identificación de Ampliaciones	78
Figura 43. Interior Bloque A - Hospital Básico El Corazón	78
Figura 44. Interior Ampliación 1- Hospital Básico El Corazón.....	79
Figura 45. Transición Bloque A- Ampliación 2: Hospital Básico El Corazón	79
Figura 46. Vista Interior, Segunda Planta - Hospital Básico El Corazón.....	80
Figura 47. Hospital Básico El Corazón - Planta Baja	81
Figura 48. Hospital Básico El Corazón - Planta Alta.....	82
Figura 49. Formulario ISH y Valoración del Hospital Básico El Corazón	84
Figura 50. Resultados: Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad de Edificaciones	92
Figura 51. Índice de Seguridad Hospitalaria: Aspectos Relacionados con la Seguridad Estructural	93
Figura 52. Definición de Peso Unitario del Hormigón.....	95
Figura 53. Definición de Peso Unitario del Acero	95
Figura 54. Definición de Peso Unitario para Perfiles de Acero A36	96
Figura 55. Definición de Peso Unitario para Mampostería.....	97
Figura 56. Definición de Sección - Columna	98
Figura 57. Definición de Sección - Viga	99
Figura 58. Definición de Sección Tipo L	100
Figura 59. Definición de Sección Tipo C	100
Figura 60. Definición de Sección Tipo T	101
Figura 61. Definición de Losa de 20cm	101
Figura 62. Definición para Muro De Mampostería de 30cm	102
Figura 63. Definición de Cargas.....	102
Figura 64. Espectro de Diseño del Hospital Básico “El Corazón”	107
Figura 65. Distribución del Hospital Básico “El Corazón”	114
Figura 66. Vista en 3d del Bloque A y B1	114
Figura 67. Vista en Planta del Bloque A y B1	115
Figura 68. Vista en 3d del Bloque B2	115
Figura 69. Vista en Planta del Bloque B2	116
Figura 70. Vista en 3d del Bloque C	116

Figura 71. Vista En Planta del Bloque C..... 117

RESUMEN

Este proyecto de investigación tiene como objetivo principal la creación de una base de datos que permita comparar el nivel de vulnerabilidad de 17 hospitales básicos en la Región Sierra Centro-Norte de Ecuador. La evaluación de la vulnerabilidad se llevó a cabo mediante la aplicación del grado de vulnerabilidad "S", conforme a la norma NEC, y se contrastó con el índice de vulnerabilidad determinado por la OPS durante la "Inspección y Evaluación Sísmica Simplificada de los Hospitales Básicos en la Región Sierra Centro-Norte de Ecuador. 2023".

Durante la ejecución del proyecto, se llevaron a cabo inspecciones exhaustivas en cada uno de los hospitales, recopilando información detallada sobre su distribución, estado actual y las remodelaciones realizadas a lo largo del tiempo. Para profundizar en el análisis, se empleó el software computacional ETABS para modelar la estructura más vulnerable, revelando problemas significativos a nivel estructural, como deflexiones en vigas, desplazamientos superiores a los límites permisibles y torsión en planta.

En este contexto, se presentan planos detallados de 10 edificaciones, las cuales compartían originalmente métodos constructivos, geometría y distribución similares. No obstante, a lo largo de los años, se realizaron modificaciones que afectaron su sistema estructural, comprometiendo su capacidad de resistencia ante eventos sísmicos. Estos hallazgos son cruciales para comprender la vulnerabilidad actual de estos hospitales y pueden proporcionar información valiosa para futuras intervenciones destinadas a reforzar la infraestructura hospitalaria en la región, contribuyendo así a la seguridad y protección de la comunidad en caso de desastres naturales.

Palabra Clave: Mampostería confinada, vulnerabilidad sísmica, hospital básico, diseño sismo resistente.

ABSTRACT

This research project focuses on generating a database and comparing the level of vulnerability of 17 basic hospitals in the Sierra Centro-Norte Region of Ecuador. The vulnerability assessment was conducted using the vulnerability grade "S," following the NEC standard, and was contrasted with the vulnerability index determined by the OPS during the "Inspection y Evaluation Seismic Simplified de los Hospitals Basic's en la Regions Sierra Centro-Norte de Ecuador. 2023".

Throughout the project, thorough inspections were carried out in each of the hospitals, gathering detailed information about their layout, current state, and renovations undertaken over time. To delve deeper into the analysis, the ETABS computational software was employed to model the most vulnerable structure, revealing significant structural issues such as beam deflections, displacements exceeding permissible limits, and torsion in the plan.

In this context, detailed plans are presented for 10 buildings, which originally shared similar construction methods, geometry, and distribution. However, over the years, modifications were made that compromised their structural systems, affecting their resistance capacity to seismic events.

These findings are crucial for understanding the current vulnerability of these hospitals and can provide valuable information for future interventions aimed at reinforcing hospital infrastructure in the region, thereby contributing to the safety and protection of the community in the event of natural disasters.

Keywords: Confined Masonry, Seismic Vulnerability, Basic Hospital, Earthquake-Resistant Design

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. Introducción

Los hospitales básicos han sido construidos en zonas con alta amenaza sísmica, ya que el país sufre alteraciones geológicas por el movimiento de las placas tectónicas y el objetivo de la filosofía del diseño sísmico es construir estructuras que puedan resistir las fuerzas provocadas por los terremotos. Lo que conlleva a comprender los peligros sísmicos locales, evaluar los riesgos, diseñar estructuras resilientes, tener en cuenta la flexibilidad y la rigidez, con ello se espera que estas estructuras cumplan no solo con el resguardo de la vida de sus ocupantes y los bienes económicos, sino también cumplan con un cierto nivel de comportamiento sísmico (NEC-SE-DS, 2015).

Los hospitales ubicados en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua, denominados como hospitales básicos por el Ministerio de Salud Pública (MSP), son encargados de brindar el servicio a la comunidad conforme al segundo nivel de atención.

La atención que brindan estas casas de salud cubre a una población a nivel cantonal y sus alrededores; por lo que es importante contar con una valoración a nivel estructural, el mismo que permita validar que estos establecimientos se encuentren con un correcto funcionamiento y a su vez determinar las posibles afecciones posterior a un evento sísmico.

Un paso crucial para garantizar la calidad de la atención médica en regiones remotas es la evaluación estructural de los hospitales que atienden a las poblaciones rurales.

A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversos métodos para evaluar la vulnerabilidad de las estructuras ante terremotos. En este trabajo, se realiza una comparación

entre las evaluaciones obtenidas mediante dos enfoques distintos. Con la finalidad de identificar los criterios que podrían generar similitudes o disparidades en las valoraciones. Mientras que el primer método se centra específicamente en aspectos estructurales, el segundo considera parámetros relacionados con el uso específico de la edificación, en este caso, como una casa de salud.

1.2. Problema de estudio

1.2.1. Antecedentes

El Ecuador se encuentra atravesado por varias cadenas montañosas, denominado “El Anillo de Fuego del Pacífico” en el cual se presentan terremotos en la escala de Richter que son superiores a 5 de forma regular; esta es la razón por el cual existen daños estructurales. Como resultado las edificaciones del país llegan a presentar daños constructivos, por ende, se necesita un análisis sísmico de las estructuras. (Paredes y Pachar, 2019).

Dentro de los trabajos o proyectos que se han encontrado relacionados con el Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH) y la metodología de la Federal Emergency Management Agency (FEMA), en el país, se pueden destacar:

El realizado por Lara & Martínez (2020) en el proyecto, <Análisis de Vulnerabilidad Sísmica y Propuesta de Reforzamiento Estructural del “Hospital San Luis de Otavalo”>, donde el resultado obtenido dio una vulnerabilidad de la edificación alta, esto por los materiales de construcción y el tipo de suelo donde yace esta.

El trabajo de titulación de Velasco D. (2020), <Aplicación del índice de seguridad hospitalario, caso de estudio: “Hospital Homero Castanier Crespo”>, en donde la calificación es A según el índice de seguridad, por lo que se encuentra en condiciones de mantener su correcto funcionamiento durante y después de un desastre.

No existen estudios a escala sectorial o regional que permitan establecer una base de datos de los hospitales del país clasificando por su nivel de vulnerabilidad o por índice de seguridad hospitalaria para identificar quienes requieran una evaluación estructural detallada.

1.2.2. Formulación de hipótesis

Se anticipa que, tras la evaluación de todos los hospitales, la mayoría de estos presenten el Índice de Seguridad Hospitalaria bajo y un Grado de Vulnerabilidad Sísmica alto. Esta proyección se fundamenta en que la mayoría de estas edificaciones se construyeron en la década de los setenta, periodo en el que aún no existían normativas que regulasen los estándares sísmicos. Por lo tanto, es plausible esperar un nivel de seguridad hospitalaria reducido y una susceptibilidad significativa a daños sísmicos en estas estructuras.

1.2.3. Importancia

Este proyecto permite colaborar con un diagnóstico a nivel de seguridad estructural, disponible para la entidad encargada. Dada la considerable inversión monetaria realizada en equipos médicos de alta tecnología, mobiliario especializado y la infraestructura misma, se espera que tras un evento sísmico de gran magnitud, las estructuras hospitalarias garanticen su operatividad, tanto para brindar atención médica a las posibles víctimas del desastre, como para poder prestar servicio de refugio temporal; la suspensión parcial o total de sus operaciones conlleva no solo pérdidas materiales; sino que también impide la atención a personas heridas, dando lugar a posibles pérdidas humanas.

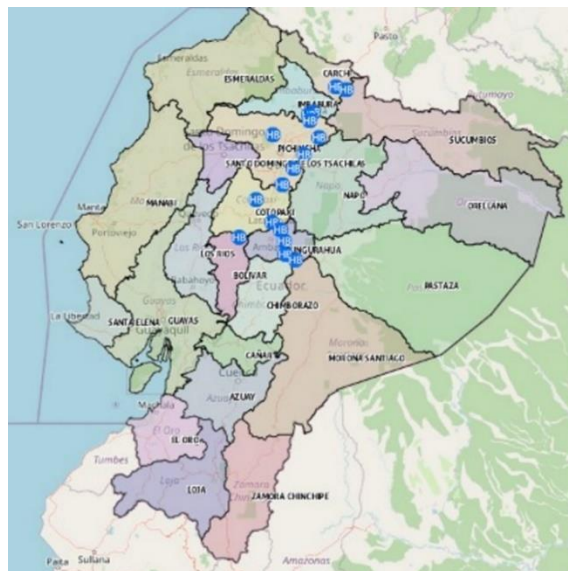
Estos proyectos simples de valoración y evaluación sísmica se gestionan como un pilar clave para prevenir estos impactos adversos y fortalecer las capacidades de respuesta a terremotos, asegurando la continuidad de la atención al brindar a las instalaciones médicas la información que necesitan para tomar medidas preventivas y correctivas.

1.2.4. Delimitación

Se evaluará un total de 17 hospitales básicos, los cuales pertenecen a el Ministerio de Salud Pública (MSP) que se encuentran en la región Sierra Centro – Norte del país conformado por las provincias de: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua. Además, en el análisis de este trabajo se considerará solo la sección de Seguridad Estructural para el ISH.

Figura 1

Ubicación de los Hospitales Básicos de la región Sierra Centro - Norte del país.



Nota. Los hospitales básicos se encuentran en las provincias de: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua. Fuente: Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2022)

1.3. Justificación

Este planteamiento está motivado por la necesidad de categorizar estas edificaciones en tres niveles de vulnerabilidad: baja, media y alta; ya que al no existir una base de datos sectorial o regional es imposible saber si estas estructuras han sido construidas bajo el criterio técnico de la construcción.

La realización de inspecciones sísmicas en los hospitales básicos de Ecuador beneficiará a varios grupos, como: los pacientes, el personal hospitalario, la comunidad local, las instituciones gubernamentales, los organismos de respuesta a las catástrofes y la sociedad en general.

Las inspecciones desempeñan un papel clave en la creación de entornos más seguros, tanto; durante, como después de los terremotos. Facilitan una planificación de emergencias más efectiva y una gestión más eficiente de catástrofes. Además, al garantizar estructuras seguras en los hospitales, fomentan condiciones propicias para una coordinación más efectiva en la prestación de asistencia. En este sentido, no solo contribuyen a la investigación, sino que también promueven el desarrollo de prácticas constructivas más seguras, marcando un avance significativo hacia la resiliencia ante eventos sísmicos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Generar una base de datos que contenga el estado actual de las estructuras hospitalarias de la Sierra Centro-Norte, de acuerdo con la Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, en concordancia con la Norma Ecuatoriana de la construcción vigente (NEC 2015), y el Índice de Seguridad Hospitalaria, con el propósito de identificar las edificaciones más vulnerables frente a eventos sísmicos.

1.4.2. Objetivos Específicos

Planificar la visita a los hospitales in situ, mediante un calendario estratégico en el que se establece fechas específicas para llevar a cabo las inspecciones.

Inspeccionar los hospitales básicos de la región Sierra Centro – Norte del Ecuador, realizando una visita en campo, con el fin de conocer su vulnerabilidad sísmica y su ISH;

dando prioridad a las más vulnerables para su respectivo mantenimiento.

Cuantificar la vulnerabilidad de las estructuras, de acuerdo con los formularios que se encuentran en la guía de diseño 5 de la NEC 2015 e Índice de Seguridad Hospitalaria guía para evaluadores, con el fin de obtener la categoría correspondiente de cada edificación.

Registrar, analizar e interpretar los datos sobre la condición actual de las estructuras, aplicando las dos metodologías: NEC 2015 e ISH, para determinar la vulnerabilidad e índice de seguridad hospitalaria.

Identificar la edificación con mayor vulnerabilidad para llevar a cabo un análisis estructural detallado, empleando su modelación en el software ETABS.

Realizar la elaboración de planos digitales para aquellas estructuras que carezcan de los mismos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. Marco Teórico

2.1. Ladrillos

Los ladrillos, elaborados a partir de arcilla, se clasifican en sólidos, perforados y tubulares. Para su fabricación, se emplean diversos métodos, entre ellos el moldeo con presión directa y la extrusión. Es importante mencionar que el moldeo asistido con vibración no es una opción viable. La textura final del ladrillo varía según el método y el tipo de molde utilizado: se obtiene una superficie lisa al utilizar moldes metálicos o por el dado en el proceso de extrusión; mientras que con moldes de madera arenados o durante el corte con alambre en el proceso de extrusión, se logra una textura rugosa (Gallegos y Casabonne, 2005).

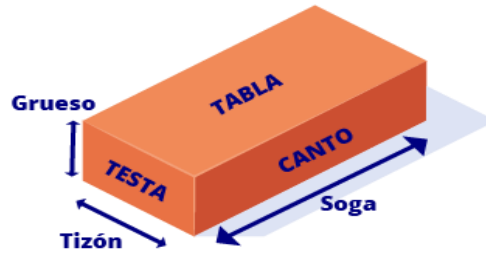
2.1.1. Partes de un ladrillo

Las aristas de un ladrillo se conocen como: soga, tizón, grueso siendo estas las aristas mayor, media y menor. Las caras de la unidad de arcilla se denominan como: tabla, canto y testa, en orden de mayor a menor. Ver figura 2.

Figura2

Partes de un ladrillo

CARAS Y ARISTAS DE UN LADRILLO



Nota. Parte de un ladrillo con forma ortoédrica. Fuente: Criado, S. (2021).

2.1.2. Clasificación

Según la NTE INEN 293 los ladrillos se clasifican en:

Tabla 1

Clasificación de ladrillo

Tipo de Ladrillo	Característica
Ladrillo común (mambrón)	Es el ladrillo moldeado a mano
Ladrillo de máquina	Es el ladrillo moldeado mecánicamente y en producción continua
Ladrillo reprensado	Es el ladrillo que se prensa entre el moldeo y la cochura
Ladrillo macizo	Es el ladrillo fabricado a mano o a máquina sin perforaciones en su interior, o con perforaciones celulares que pueden llegar hasta el 20% de su volumen.
Ladrillo hueco	Es el ladrillo fabricado a máquina con perforaciones en su interior, que pasan del 20% de su volumen

Nota. Esta tabla fue elaborada en base a la (NTE INEN 293, 1977)

Además, los ladrillos macizos se categorizan en tres niveles de calidad: tipo A, tipo

B y tipo C. Por otro lado, los ladrillos huecos se dividen según su aplicación en los tipos D, E y F se detalla esta información en la tabla 3.

Tabla 2

Clasificación de ladrillos: Huecos y Macizos

Tipo de ladrillo	Características
Tipo A	Será ladrillo reprensado, de color rojizo uniforme, con ángulos rectos y aristas rectas. No tendrá manchas, eflorescencias, quemados ni desconchados aparentes en caras y aristas
Tipo B	Será ladrillo de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, diferenciándose del tipo A en que puede tener pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 5 mm
Tipo C	Será semejante al tipo B, diferenciándose de él en que puede, además, ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8 mm
Tipo D	Podrá emplearse en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado
Tipo E	Podrá emplearse únicamente en la construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado
Tipo F	Podrá emplearse únicamente en el relleno de losas alivianadas de hormigón armado

Nota. Esta tabla fue basada en la (NTE INEN 297, 1977).

El ladrillo es un elemento fundamental en diversas edificaciones, incluyendo viviendas unifamiliares de uno y dos pisos, bodegas, templos, hospitales y museos. En Ecuador, está presente en la mayoría de los inmuebles patrimoniales. Estructuralmente, los ladrillos constituyen componentes esenciales en elementos como muros, columnas, cimentaciones, mampostería y dinteles, entre otros (Lara y Martínez, 2020).

2.2. Unidades de concreto

Las unidades de hormigón pueden ser ladrillos y bloques. Están disponibles tanto en forma sólida como hueca. La formación de estos se realiza mediante presión o vibración, o una combinación de ambas. El color natural de la unidad es gris o gris verdoso. Al variar su dosificación, se varía su resistencia (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.2.1. Clasificación

Los bloques de hormigón se clasifican de acuerdo con su uso: Tipo A, para uso en mampostería estructural, Tipo B destinado a mampostería no estructural y Tipo C para la aplicación en alivianamientos en losas (NTE INEN 3066, 2016).

De acuerdo con la densidad que poseen:

Tabla 3

Bloques de hormigón de acuerdo con su densidad

Tipo	Densidad de hormigón (kg/m³)
Liviano	<1 680
Mediano	1 680 a 2 000
Normal	>2 000

Fuente: NTE INEN 3066 (2016)

Se considera un bloque de hormigón como hueco si el área neta para la superficie de carga es inferior al 75%, mientras que un bloque sólido de hormigón debe tener un área neta de superficie de carga mayor o igual al 75%. El bloque estructural (Clase A) se considera parte de un elemento estructural diseñado según el criterio de pared portante y también puede utilizarse en mampostería no estructural cuando el bloque esté directamente expuesto, parcial o totalmente a la intemperie. Por otro lado, el bloque no estructural se utiliza para separar espacios físicos y no debe soportar más carga que su propio peso. Este tipo de bloque no debe

ser utilizado si va a estar expuesto directamente a la intemperie, a menos que esté protegido (NTE INEN 3066, 2016).

2.3. Historia de la albañilería

El origen de la albañilería no está plenamente identificado, sin embargo, de acuerdo con Gallegos y Casabonne (2005) mencionan que hace unos 15 mil años, un nómada recolector de alimentos, se encontró sin refugio natural para resguardarse del frío y las bestias salvajes. En esta situación, optó por apilar piedras para construir un refugio improvisado. Para mejorar la seguridad y aislamiento térmico, utilizó barro en conjunto con las piedras, dando origen a lo que hoy conocemos como mortero.

2.4. Mortero

Dentro de la albañilería, cuando se habla estrictamente de asentar unidades se refiere a unir las o pegarlas con un material adhesivo, mismo al cual se conoce como mortero, quien también es el encargado de asumir las irregularidades de las unidades y aporta cierta estabilidad en el proceso constructivo; si bien se han realizado diferentes intentos de asentar unidades con polímeros, azufre fundido y algunas otras sustancias, el más usado en la industria es el mortero de cemento portland con o sin cal (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.1. Tecnología

La técnica utilizada para obtener el mortero se basa en los mismos ingredientes que se utilizan para generar concreto (cemento, agregado y agua), sin embargo, no se deben confundir ya que el mortero busca unir las unidades de albañilería, es decir, desde el momento en que se utiliza se encuentra en un medio poroso que lo reseca, motivo por el cual la relación agua/cemento no es tan estricta como se da en el concreto donde, el fin es poseer la mayor magnitud de resistencia siendo este un elemento estructural en sí. Dado lo explicado se puede

apreciar como si bien los materiales del concreto y el mortero son iguales, sus técnicas y tecnologías son diferentes debido a sus funciones (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.2. Adhesión

La adhesión entre el mortero y la unidad de albañilería se da por aspectos químicos, físicos y mecánicos. Desde el aspecto físico se debe contemplar cómo interactúan las fuerzas intermoleculares, sobre todo las fuerzas eléctricas de Van Der Waals, para conseguir una buena adhesión (Gallegos y Casabonne, 2005).

Los materiales Inertes en el mortero deben poseer superficies rugosas y ser capilarmente porosos lo que producirá una adhesión más efectiva. Por tanto, desde el aspecto mecánico se centrará en la absorción de agua por parte de la unidad de albañilería, la que entrará por los poros capilares con materiales cementicios produciendo un engrape mecánico (Gallegos y Casabonne, 2005).

Centrando en el aspecto químico se centra en la influencia de la etringita, un producto de la reacción del cemento con el agua, donde se forman cristales hexagonales en forma de aguja en las zonas porosas, siendo que la cantidad, penetración y grado de hidratación de estos materiales determinarán la tensión de adhesión. Los múltiples contactos deben ser uniformes para que la adhesión sea efectiva. Es importante destacar que los morteros que poseen cal poseen mejores características que los que no la usan (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.3. Propiedades

El propósito principal del mortero es unir las piezas de albañilería con una adhesión duradera y completa; las demás cualidades del mortero, como la resistencia a la compresión,

son secundarias. Hay que diferenciar entre las cualidades del mortero cuando está fresco y cuando se ha endurecido (Gallegos y Casabonne, 2005).

Cuando el mortero está fresco, su cualidad más importante es su trabajabilidad, es decir, la capacidad de ser manejado con la paleta, de extenderse fácilmente sobre las caras de las piezas, de pegarse a las superficies verticales de las piezas y de adaptarse a las irregularidades de estas. Lo contrario de un mortero trabajable es un mortero duro (Gallegos y Casabonne, 2005).

Aunque un albañil experimentado puede reconocer la trabajabilidad de un mortero, esta es una propiedad reológica compleja, y no hay una prueba para cuantificarla ni para medir aspectos como la cohesión y la plasticidad de un mortero. Además, para recuperar la trabajabilidad perdida por la evaporación del agua, puede ser necesario añadir más agua en un proceso, propio de la técnica del mortero, llamado retemplado. La trabajabilidad se define por la cohesión, la plasticidad, la fluidez y la retentividad - estas dos últimas se pueden medir (Gallegos y Casabonne, 2005).

En la práctica, se «mide» la trabajabilidad mediante pruebas sencillas, que determinan la fluidez del mortero y su retentividad. En la construcción, la retentividad se muestra por la habilidad del mortero de mantenerse trabajable después del contacto con la primera pieza, lo que facilita el asentamiento de la pieza superior y, así, la uniformidad de la adhesión (Gallegos y Casabonne, 2005).

El mortero requiere de cemento, cal, arena y agua para su composición. Las cualidades del mortero endurecido son la adhesión con las piezas de albañilería y su resistencia a la compresión. La primera es fundamental; la segunda, aunque se pide en muchas normas, es accesoria. En la adhesión hay que separar el valor unitario de la adhesión

y la extensión del área de contacto de la adhesión. La adhesión se obtiene del producto del valor unitario y de la extensión. El aspecto menos entendido de la adhesión tiene que ver con la extensión del área de contacto. Se ha propuesto que la mejor forma de comprender en qué consiste -y, al mismo tiempo, de algún modo, medirla- es quitar una pieza de la hilera poco después de colocada. La distribución del mortero pegado a la cara de asiento de la pieza indica la extensión. Los morteros duros mostrarán, normalmente, un contacto localizado, llamado tentacular, mientras que los morteros trabajables cubrirán toda la cara de asiento (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.4. Ingredientes

Los ingredientes básicos que se utilizan dentro de un mortero son cemento, cal, arena, agua, también se debe considerar el aire incorporado por efectos de la mezcla (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.4.1. Cemento

Los tipos de cementos apropiados para la realización de morteros en general son los de tipo portland I, II III (este último de forma excepcional), otros utilizados son los cementos adicionados y cementos de albañilería (Gallegos y Casabonne, 2005).

El cemento portland se conforma de aglomerantes hidráulicos normalizados que son esencialmente de silicatos y sulfatos cálcicos; tipo de estos son I para una aplicación general, de tipo II posee una resistencia leve a sulfatos, y el tipo III posee una resistencia temprana (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.4.2. Cal

Existen dentro del mercado la cal viva y la cal hidratada, donde la que posee un menor riesgo de causar daño al usuario es la cal hidrata, misma que se mezcla más fácilmente con los otros ingredientes del mortero (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.4.3. Arena

Esta es de dos tipos: natural y fabricada. La natural proviene de la erosión de las rocas por acción de ríos o el mar sobre estas, se encuentran en depósitos rivereños, marinos, eólicos o lacustres. Dependiendo de cómo se erosionó esta será redondeada o angulosa. La fabricada es de naturaleza angulosa suelen aceptarse límites granulométricos menores que en la arena natural (Gallegos y Casabonne, 2005).

Usualmente, todo tipo de arena es utilizable en la realización de morteros, siempre y cuando cumplan con los requisitos de granulometría. Además, la arena debe encontrarse libre de excesos de arcilla, partículas orgánicas, friables o livianas; el límite de contenido de arcilla es del 1% y de partículas 0,5%. En caso de la arena de origen marino que contienen sales debe considerarse el efecto de eflorescencia que causarán y que no esté en contacto con alguna armadura hilada (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.4.4. Agua

Esta debe encontrarse limpia y libre de sustancias deletéreas como aceites, álcalis, ácidos y sustancias que sean dañinas para el mortero, afectando su capacidad adhesiva y resistencia. Al igual que con la arena de origen marino, el agua de mar puede ser usada siempre y cuando se consideren sus inevitables efectos (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.4.5. Aire incorporado

Existen investigaciones que estudiaron el beneficio de añadir una mayor concentración de aire dentro de un mortero, los cuales concluyeron que existe una mejora a la durabilidad de los paneles, así mismo mejoró la adhesión, sin embargo, esto es relativo a la cantidad de pasta, ya que en grandes cantidades se encontraron discontinuidades que reducen la adhesión, es necesario esperar a que se realicen más estudios para poder encontrar un uso estándar en la construcción (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.4.6. Influencias

Al realizar el mortero hay que tener en consideración que efecto le está agregando cada ingrediente al mortero, es decir, de qué manera afecta cada elemento a la consistencia, retentividad, cohesión, estabilidad dimensional, adhesión, valor de la adhesión, extensión de la adhesión, durabilidad de la adhesión y resistencia a la comprensión (Gallegos y Casabonne, 2005).

Tabla 4

Influencia de los componentes del mortero

	Cemento	Cal	Arena	Agua
Consistencia (fluidez)				•
Retentividad		•		
Cohesión	•	•		
Estabilidad dimensional			•	
Adhesión	•	•		
Valor de la adhesión		•		
Extensión de la adhesión		•		
Durabilidad de la adhesión		•		
Resistencia a la comprensión	•	•		

Nota. El punto representa la propiedad que contribuye cada material. Fuente:

Gallegos y Casabonne (2005).

Como se puede apreciar en la Tabla 4, cada ingrediente aporta a propiedades

específicas dentro del mortero, siendo la cal quien más aporta, debido que permite que mejores características, en el caso de la extensión, el valor y la durabilidad de adhesión, esto se debe a la naturaleza física de la cal, la cual es un polvo fino, lo que permite que es mortero posea una mayor elasticidad y retentividad, sin embargo, esto también produce una reducción de la tensión de adhesión (Gallegos y Casabonne, 2005).

En este aspecto también es importante señalar que la cantidad de agua necesaria para realizar un mortero con cal es mayor a uno sin esta para lograr la misma consistencia. Si bien el cemento se endurece con rapidez en su reacción química con el agua, la cal posee un tiempo de endurecimiento mucho mayor, este proceso se da por carbonatación, esto se debe a que la cal reacciona con el anhídrido carbónico (CO_2) de la atmósfera, dando como resultado carbonato de calcio (CaCO_3), el cual en las condiciones idóneas puede formar cristales que agregan cierta resistencia; el fraguado de la cal se da desde a fuera hacia dentro produciendo que el exterior se endurezca primero y más rápido que el interior del mortero (Gallegos y Casabonne, 2005).

El cemento, en cambio, añade mayor cohesión, adherencia y resistencia a la compresión, mientras que disminuye la estabilidad dimensional y la durabilidad de la adhesión; en morteros que solo poseen cemento y arena como materiales secos, la resistencia en promedio es de 17,5 MPa, este tipo de morteros suelen ser más difíciles de trabajar, y poseen una menor extensión de contacto, son poco retentivos y ásperos (Gallegos y Casabonne, 2005).

La arena aporta una estructura indeformable que permite reducir la cantidad de cemento necesario para el mortero, además de reducir las deformaciones causadas por las contracciones del cemento durante la fragua permitiendo una mayor durabilidad de la

adhesión. Es preferible utilizar arena redondeada con una granulometría completa ya que permite poseer un mayor contacto entre la superficie de la unidad de albañilería y el aglomerante (Gallegos y Casabonne, 2005).

El papel del agua es determinar la consistencia del mortero, es decir, su fluidez donde se busca que este sea de fácil manipulación para el badilejo. Siempre es posible recuperar la consistencia inicial de la mezcla añadiendo más agua, siempre y cuando no haya empezado la fragua inicial del cemento, lo que sucede aproximadamente a las 2 horas en regiones frías y en 1 hora y medio en regiones cálidas (Gallegos y Casabonne, 2005).

Conociendo lo ya explicado es importante señalar que un mortero que contiene tanto cemento como cal poseerá propiedades muy deseables ya que en conjunto aumenta de forma sustantiva la adhesión del mortero en comparación con uno que sea solo de cemento o solo de cal, en cierta medida debido al proceso de carbonatación de la cal también posee una leve capacidad de sellado autógeno frente a fisuras debido al carbonato de calcio en formación (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.4.5. Proporciones y Mezclado

Para el mortero que se realiza con el cemento tipo portland se poseen las siguientes proporciones mostradas en la tabla.

Tabla 5

Mortero: Proporciones en volumen con cemento Portland

Tipo	Cemento Portland	Cal	Arena	Agua
A	1	0-¼	3	¾
B	1	½	4-4½	1.13
C	1	1	5-6	1.64
D	1	2	8-9	1½-2

Nota. Proporciones dadas en volumen. Fuente: Gallegos y Casabonne (2005).

Para cada tipo de mortero, la retentividad, adhesividad y durabilidad varían aumentando de A a D, y en caso de la resistencia a la compresión disminuyen de A a D (Gallegos y Casabonne, 2005).

La realización del mortero debe dar como resultado una mezcla homogénea, es por eso importante que se realice a máquina y no a mano, ya que esto reduciría sus propiedades. Generalmente se utilizan mezcladoras de trompo. Para conseguir la mezcla deseada es importante dar un tiempo de mezclado prolongado (de preferencia mayor a 3 minutos) (Gallegos y Casabonne, 2005).

Al mezclar existen dos modalidades, la primera es colocando en la mezcladora todos los ingredientes, lo que conlleva a que la consistencia sea fija y tenga un mínimo, pudiendo esta solo ser aumentado al temple deseado por el albañil. La segunda consiste en mezclar primero los ingredientes secos, donde al trabajar el albañil es quien decide cual va a ser el temple de trabajo añadiendo el agua, otro beneficio es que la mezcla seca puede ser almacenada para ser utilizada conforme sea necesario (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.5. Mampostería

La mampostería es un método constructivo que se basa en la utilización de unidades individuales, como: ladrillos, bloques de arcilla y piedra, que se ensamblan entre sí mediante mortero. Este enfoque ha sido históricamente prevalente en la edificación de muros, estructuras y otras construcciones, proporcionando robustez y estabilidad. La selección específica de materiales y la disposición de las unidades de mampostería pueden variar según las exigencias estructurales y estéticas del proyecto en cuestión.

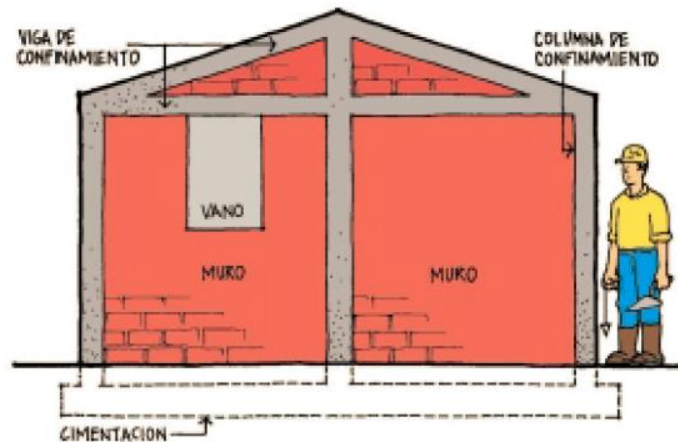
Este método constructivo se distingue por ofrecer durabilidad y una estética tradicional, siendo aplicado comúnmente en diversos contextos arquitectónicos y de construcción.

2.5.1. Mampostería confinada

La técnica empleada en la edificación de mampostería de muros confinados consiste en disponer unidades de mampostería para formar un muro, el cual posteriormente se refuerza al confinarlo o mediante la inclusión de vigas y columnas de concreto reforzado, los cuales son vertidas en situ (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).

Figura 3

Mampostería confinada



Nota. Tipología de mampostería confinada. Fuente: AIS (2001).

2.5.2. Mampostería reforzada

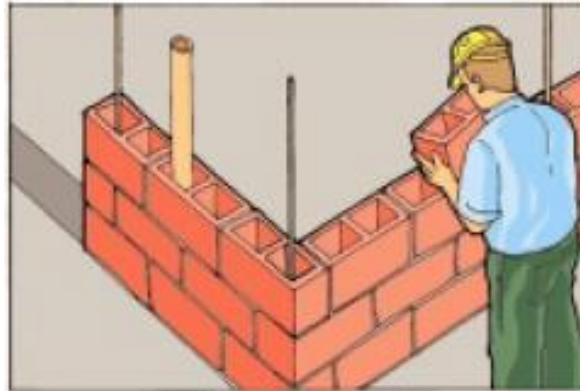
A diferencia de la mampostería confinada, la mampostería reforzada utiliza unidades de mampostería con cavidades y las refuerza mediante el empleo de acero de alta resistencia con diámetros pequeños (Gualpa, 2022).

Este enfoque busca proporcionar una mayor resistencia y capacidad estructural al

tiempo que optimiza la eficiencia en el uso de los materiales.

Figura 4

Tipología de mampostería reforzada



Nota. La imagen muestra la tipología de mampostería reforzada. Fuente: AIS (2001).

2.5.3. Propiedades de la mampostería

Si hablamos de las propiedades de la mampostería exhiben variabilidad en función de los materiales empleados, la tipología de ensamblaje entre las unidades y la metodología constructiva adoptada. Gallegos y Casabonne (2005) proponen las siguientes propiedades como principales:

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la tracción
- Vulnerabilidad dimensional

2.5.3.1. Resistencia a la compresión

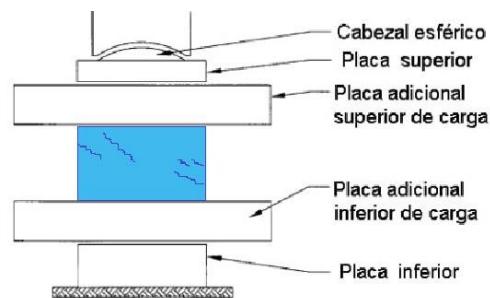
Es una de las principales propiedades en la mampostería resiste fuerzas opuestas que reducen su volumen. Esta propiedad, evaluada mediante pruebas específicas, indica la carga máxima que la mampostería puede soportar en dirección longitudinal.

La mejora de esta propiedad implica el uso de materiales más resistentes y técnicas de refuerzo estructural para garantizar la integridad y estabilidad de la estructura.

Gallegos y Casabonne (2005) mencionan que debido a las diversas formas y dimensiones que presenta la unidad de mampostería los valores de la resistencia a la compresión no llegan a ser precisos.

Figura 5

Ensayo: Resistencia a la compresión



Nota. Ilustración de una probeta de ladrillo para evaluar la resistencia a la compresión Fuente: modificado de la NTE INEN 3066 (2016).

2.5.3.2. Resistencia a la tracción

Representa la habilidad del material de mampostería a resistir fuerzas que intentan elongarlo. A diferencia de la resistencia a la compresión, que evalúa su capacidad frente a fuerzas de compresión. Mejorar esta propiedad implica la posible introducción de materiales o la aplicación de técnicas de refuerzo para fortalecer su resistencia a tensiones y mejorar su comportamiento bajo cargas de tracción.

Gallegos y Casabonne (2005) indica que, en las unidades de mampostería, la falla generalmente se produce debido a la tracción transversal. Se sugieren dos pruebas para determinar esta resistencia: el ensayo de tracción indirecta y el ensayo de tracción mediante

flexión o evaluación del módulo de ruptura.

2.5.3.3. Variabilidad dimensional

Establece la altura de las capas de unidades de mampostería, lo cual conlleva a incrementar el grosor de la junta, resultando en una disminución de la resistencia a la compresión según la investigación de Gallegos y Casabonne (2005).

2.6. Cortante Basal

El córtate basal en una construcción se genera mediante la progresiva acumulación de las fuerzas cortantes presentes en cada nivel, manifestándose finalmente en la base de la edificación. Estos cortantes en cada piso representan la aplicación de la fuerza sísmica en un nivel específico, incrementándose a medida que nos aproximamos a la base (Saavedra, 2016).

2.7. Riesgo Sísmico

El riesgo sísmico se lo puede abordar desde múltiples enfoques que se interrelacionan, como el científico, económico, social, etc. Muñoz (1989), menciona que dentro del aspecto científico también se tienen dos puntos de vista, el sismológico y el de ingeniería, el primero, se interesa por la probabilidad de ocurrencia de un terremoto con ciertas características, mientras que al ingeniero le preocupa la probabilidad de que una estructura se comporte de manera adecuada frente a las acciones de un sismo con determinadas características.

Una mejor comprensión del riesgo sísmico es fundamental para poder reducir el número de fallecidos, daños a la propiedad, pérdidas económicas y problemas sociales que causan los terremotos.

2.8. Escala de Mercalli

Creada por el geólogo Giuseppe Mercalli en el año 1902, la escala Mercalli mide cualitativamente la intensidad o magnitud de un terremoto a través de un observador

capacitado para evaluar los efectos del movimiento sísmico en un lugar específico (Lara y Martínez, 2020).

Tabla 6

Escala de Mercalli

Grado	Descripción
Intensidad I	Puede ser advertido por muy pocas personas, mientras éstas se encuentren en condiciones de percepción especialmente favorables (reposo, silencio total, etc.).
Intensidad II	Lo perciben sólo algunas personas en reposo, particularmente las que al momento del sismo se encuentran en los pisos superiores de un edificio. Con el movimiento, los objetos suspendidos oscilan.
Intensidad III	Es advertido por algunas personas al interior de los edificios y casas. Puede ser confundido con el paso de un vehículo liviano por una calle cercana.
Intensidad IV	Es percibido por todas las personas que se encuentren al interior de edificios o casas, mientras que en el exterior no se advierte tan claramente. Con el movimiento, los objetos colgantes oscilan visiblemente y los muros de las construcciones crujen. Puede ser comparado con la sensación que produce el paso de un vehículo pesado.
Intensidad V	Es sentido por casi todas las personas, incluso si se encuentran en el exterior. Con el movimiento, los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y pueden derramarse. Asimismo, los objetos inestables se mueven o vuelcan.
Intensidad VI	Es advertido por todas las personas, ya que el movimiento produce inseguridad para caminar. Se quiebran vidrios de ventanas, vajillas y objetos frágiles. Los muebles se desplazan del lugar en que están y, a veces, se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles y arbustos.
Intensidad VII	Las personas se mantienen de pie con mucha dificultad y puede ser percibido en automóviles en marcha. Construcciones de mala calidad y estructuras de albañilería mal construidas resultan dañadas. El movimiento provoca la caída de estucos, ladrillos, cornisas y diversos elementos electrónicos.
Intensidad VIII	Caen chimeneas, monumentos, columnas, torres y estanques. Las casas de madera se desplazan y se salen totalmente de sus bases. Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y a veces derrumbe parcial de estructuras de albañilería bien construidas.
Intensidad IX	Las estructuras de madera son removidas de sus cimientos y las de albañilería bien construida se dañan e incluso, a veces, se derrumban totalmente. Se pueden fracturar las cañerías subterráneas. Se produce inquietud general.
Intensidad X	Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se desmoronan. Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se producen grandes daños en represas, diques y muelles. Los rieles de ferrocarril se deforman levemente.

Intensidad XI	Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de ferrocarril quedan severamente deformados. Las cañerías quedan totalmente fuera de servicio.
Intensidad XII	Se produce una destrucción casi total. Se desplazan grandes masas de rocas, los objetos saltan al aire, los niveles y perfiles de las construcciones quedan distorsionados.

Fuente: SIGWEB (2011)

2.9. Escala de Richter

Creada en 1935 por el renombrado sismólogo Charles Richter, la Escala de Richter fue originalmente concebida para evaluar los terremotos en el sur de California en un período de un año posterior a su ocurrencia. No obstante, su aplicabilidad se expandió globalmente con el tiempo. La escala cuantifica la cantidad de energía liberada desde el epicentro o hipocentro del terremoto, es decir, la actividad sísmica en áreas dentro de los límites de la Tierra donde se produce la ruptura o fractura de las rocas (Lara y Martínez, 2020).

Tabla 7

Escala de Richter

Escala de Richter	
Magnitud	Efectos del terremoto
Menor a 3.5	Es registrado, pero no se siente
3.5 - 5.4	A menudo se puede sentir, pero no causa daños mayores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a las construcciones
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas
7.0 a 7.9	Terremoto. Causa daños graves
Mayor a 8	Gran terremoto. Destrucción total

Fuente: BIO&GEO (s/f)

2.10. Terremotos ocurridos en la zona de estudio

Se realiza un recuento de los eventos sísmicos más significativos que se han presentado en el país, centrándose en nuestra zona de estudio:

Tabla 8

Terremotos en los últimos años presentes en el Ecuador

Evento	Fecha	Magnitud	Mercalli	Profundidad	Muertes
Terremotos de Imbabura y Carchi de 1868	1868, agosto 15	6.3 M_w	X	-	-
Terremoto de Ecuador y Colombia de 1906	1906, enero 31	8.8 M_w	IX	25 km	1,5
Terremoto de Esmeraldas de 1976	1976, abril 9	6.7 M_w	VIII	9 km	10
Terremotos de Ecuador de 1987	1987, marzo 5	6.9 M_w	IX	15 km	1000
Terremoto de Tena de 2005	2005, diciembre 23	6.1 M_w	IV	192,9 km	0
Terremoto de Macas de 2007	2007, noviembre 16	6.8 M_w	VI	122,9 km	0
Terremoto de Tena de 2010	2010, agosto 12	7.1 M_w	VI	206 km	0
Terremoto de Quito de 2014	2014, agosto 12	5.1 M_w	VI	7 km	4
Terremotos de Muisne de mayo de 2016	2016, mayo 18	6.9 M_w	VII	29,9 km	1
Terremoto de Esmeraldas de 2016	2016, diciembre 19	5.4 M_w	VII	10 km	3
Terremotos de Muisne de 2016	2016, abril 20	6.2 M_w	IV	14 km	0

Terremoto de Manabí y Esmeraldas de 2016	2016, abril 16	7.8 M _w	IX	20 km	673
--	----------------	--------------------	----	-------	-----

Nota. Terremotos presentes en zonas cercanas al lugar del estudio. Elaborado por:

Los autores del periódico El Universo, 2016.

2.11. Clasificación de daños

Se pueden clasificar los posibles daños en dos grupos distintos:

- Daños estructurales
- Daños no estructurales

Los daños estructurales se refieren a los deterioros que ocurren dentro de los componentes del sistema resistente de la estructura, como vigas, columnas, muros y entrepisos. Estos daños pueden evaluarse mediante indicadores de daño local y global. En contraste, los daños no estructurales son aquellos que se manifiestan fuera del sistema resistente principal de la estructura, afectando elementos arquitectónicos en interiores y fachadas, así como sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, sanitarios, entre otros (Untuña, 2021).

Una forma integral de evaluar los daños en la estructura es mediante la definición de un índice global de daño económico, comúnmente conceptualizado como.

Índice de daño económico

$$\text{Índice de daño económico} = \frac{\text{Coste de reparación del daño}}{\text{Coste de reposición}}$$

Tabla 9*Descripción de daños y costos de reposición*

Daño	Nivel
0% - 4.9%	0 Sin daño
5% - 11.9%	1 Fisuras. Pequeñas fisuras en muros de albañilería, desprendimiento de grandes trozos de estucos en zonas extendidas. Daños en elementos no estructurales como chimeneas, cornisas, etc. La capacidad resistente de la estructura no está reducida apreciablemente. Fallas generalizadas en los elementos no estructurales
12% - 19.9%	2 Grietas menores a 1mm. Pequeñas grietas en muros de albañilería, desprendimiento de grandes trozos de estucos en zonas extendidas. Daños en elementos no estructurales como chimeneas, cornisas, etc. La capacidad resistente de la estructura no está reducida anredallemerite. Fallas generalizadas en los elementos no estructurales
20% - 29.9%	3 Grietas y desplazamientos. Grietas grandes y profundas en muros de albañilería, extenso agrietamiento en muros columnas de concreto armado. Inclinación o caídas de chimeneas, estanques y plataformas de escalas. La capacidad resistente de la estructura está parcialmente reducida
30% - 69.9%	4 Colapso parcial. Se caen trozos de muros, se parten los muros interiores y exteriores y se producen desplome entre sus trozos. Corte en elementos que unen partes de edificios. Aproximadamente falta un 40% de los elementos estructurales principales. El edificio toma una condición peligrosa
70% - 100%	5 Colapso total

Fuente: Santa Cruz S. (2011).

2.12. Dinámica de estructuras

La dinámica de estructuras es una disciplina dentro del análisis mecánico de construcciones, que se enfoca primordialmente en examinar los efectos vibratorios generados por fuerzas externas en las estructuras (Untuña, 2021).

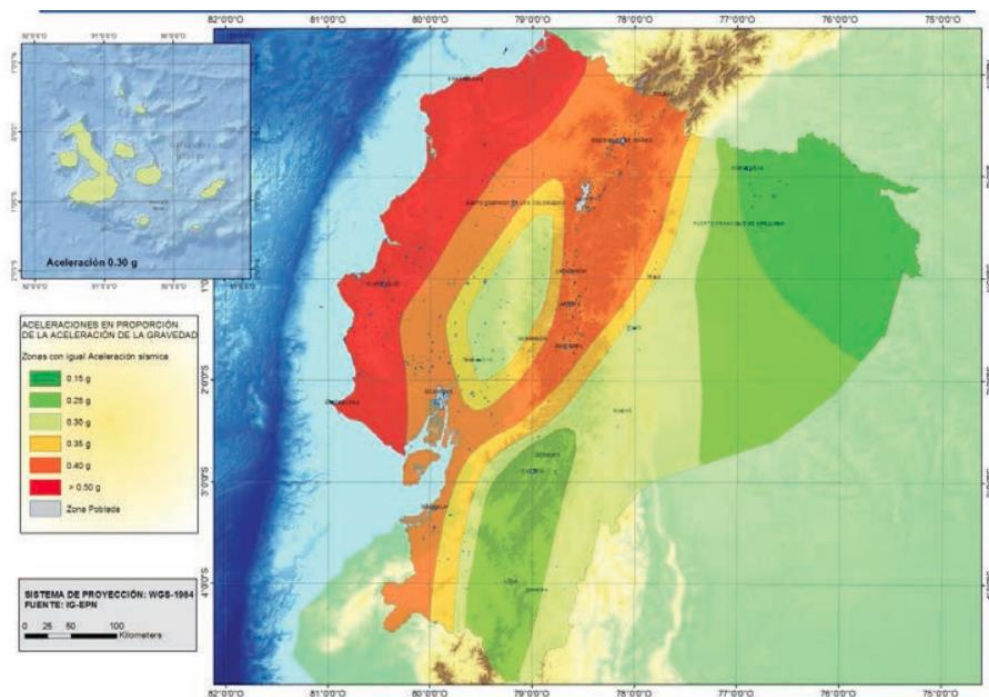
2.13. Zonificación sísmica del Ecuador

El territorio ecuatoriano está dividido en seis zonas sísmicas, la mayoría de estas posee una alta amenaza sísmica, excluyendo el nororiente que posee una amenaza sísmica intermedia, la zona litoral posee la amenaza sísmica más alta. Cada zona tiene un factor Z

que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, valores ilustrados en la tabla 5 (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

Figura 6

Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z



Fuente: NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015.

Tabla 10

Valores de factor "Z" en función de la zona sísmica adoptada

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.4	≥0.50
Carnetización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

2.14. Espectro de Respuesta Para Diseño

La propuesta de diseño incluye un espectro de respuesta basado en condiciones

geológicas, estructurales y sísmicas y tipos de suelo, dependiendo de dónde se ubique la estructura (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

Es esencial contar con un diseño preciso para garantizar el funcionamiento adecuado de las estructuras. En este contexto, Untuña (2021) destaca la importancia de las herramientas fundamentales en ingeniería sísmica, siendo los espectros de respuesta clave. Estos se definen como gráficas que representan las respuestas máximas de sistemas de un grado de libertad, con diferentes periodos, pero un nivel de amortiguamiento constante, frente a la acción de un acelerograma específico.

2.15. Vulnerabilidad sísmica

Definida como el grado de daño que sufre una estructura debido a un sismo de determinadas características, con base en esto, se pueden clasificar los edificios en más vulnerables y menos vulnerables frente a un mismo evento sísmico, esto hace que una estructura o un conjunto de estructuras de la misma tipología estructural puedan sufrir un daño más severo respecto a otro grupo de estructuras a pesar de encontrarse dentro de la misma zona (Yépez, Barbat y Canas, 1995).

Hace referencia a la capacidad de una estructura o región para resistir daños durante un terremoto. Este concepto está influenciado por diversos factores, como el diseño de las construcciones, la calidad de los materiales utilizados y la sismicidad de la zona en cuestión. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica desempeña un papel crucial en la planificación urbana y la gestión del riesgo sísmico al permitir identificar áreas que podrían requerir mejoras o reforzamientos. De esta manera, se busca reducir la probabilidad de daños significativos en caso de un evento sísmico.

2.16. Seguridad Estructural

En el análisis de la seguridad estructural del lugar de estudio, es imperativo considerar varios aspectos cruciales. La evaluación se centra en examinar detalladamente el tipo de materiales empleados en la construcción, la solidez de la estructura en sí misma y su historial de exposición a diversas amenazas. Esto implica no solo eventos sísmicos, sino también otros tipos de riesgos como incendios, inundaciones o cualquier otro incidente que pueda afectar la integridad del edificio.

El objetivo principal de este proceso de evaluación es obtener una comprensión clara del nivel de seguridad de la estructura. La información recopilada permitirá determinar si la edificación en estudio cuenta con la capacidad necesaria para mantener sus funciones operativas incluso frente a desastres de gran magnitud. En última instancia, esta evaluación integral se traduce en medidas proactivas para fortalecer la seguridad estructural y mejorar la resiliencia del edificio ante posibles eventos adversos.

2.17. Distribución de las unidades de salud

Las instituciones creadas para la salud se clasifican en el sistema MSP desde el punto de vista médico, es decir, según las especialidades que en ellas se desarrollan y el tipo de población atendida. Hay estándares a considerar al crear estos edificios. (Velasco Barahona, 2020). En la siguiente tabla se presenta la categorización asignada por la MSP:

Tabla 11

Distribución de las unidades operativas de salud

Unidades Operativas
Primer Nivel
En el primer nivel tenemos los siguientes establecimientos de salud:
<ul style="list-style-type: none">- Puesto de salud- Centro de salud- Centro de salud (Tipo A)- Centro de salud (Tipo B)- Centro de salud (Tipo C)
Segundo Nivel
En este nivel se encuentran los siguientes establecimientos de salud:
<ul style="list-style-type: none">- Hospital básico (HB)- Hospital general (HG)- Hospital especializado (HE)- Hospital de especialidades (HES)
Unidades de Salud
En esta categoría encontramos las siguientes unidades de salud que brindan atención medica:
<ul style="list-style-type: none">- Unidad móvil general (UMG)- Unidad móvil quirúrgica (UMQ)- Unidad de diagnóstico especializado oncológico (UMEEO)- Unidad fluvial (UF)- Unidad anidada (UA)

Fuente: Velasco D. (2020)

Nuestro caso de estudio, los hospitales básicos cuya atención está dirigida a un grado cantonal pertenecen a la categoría de segundo nivel.

2.18. Hospitales básicos

La definición de un hospital básico en el Ecuador, según en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2014):

Establecimiento de salud que cuenta con los servicios de consulta externa, emergencia e internación, y con las especialidades clínicas y/o quirúrgicas básicas de medicina interna, medicina familiar, ginecología y obstetricia, pediatría, cirugía general y odontología. Dispone de cuidados de enfermería y obstetricia, además de los siguientes servicios de apoyo diagnóstico y terapéutico: centro quirúrgico, centro obstétrico, radiología e imagen, laboratorio de análisis clínico, medicina transfusional, nutrición y dietética, farmacia institucional para el establecimiento público y farmacia interna para el establecimiento privado, con un stock de medicamentos autorizados por la Autoridad Sanitaria Nacional; puede contar con rehabilitación integral.

En consecuencia, estos establecimientos pueden ser reconocidos como elementos integrales de una comunidad, al contar con todas las especialidades en los campos de mayor pertinencia para la población en general.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3. Metodología

3.1. Tipo de investigación

Hernández y Mendoza, (2018) afirman que: “En la ruta cuantitativa, se sigue rigurosamente el proceso y, de acuerdo con ciertas reglas lógicas, los datos generados poseen los estándares de validez y confiabilidad deseados, y las conclusiones derivadas contribuirán a la generación de conocimiento” (p. 7). Además, para Boniolo et al. (2005) el método de análisis cuantitativo de datos conlleva a una estadística. Por ello para el presente trabajo se aplicará el método análisis cuantitativo, dado que en las evaluaciones abarcan parámetros ya establecidos por la FEMA y el ISH.

Según Grajales (2000), dentro de las diversas categorías de investigación, se destaca el trabajo de campo caracterizado por llevar a cabo la indagación directamente en el lugar donde se encuentra el objeto de estudio, en condiciones naturales. Este enfoque se denomina investigación en campo, ya que implica realizar visitas in situ para inspeccionar diversos hospitales básicos mediante el uso de formularios. La esencia de esta metodología radica en la observación directa y la recopilación de datos en el entorno real, proporcionando una comprensión más profunda y contextualizada del tema en cuestión.

3.2. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Información

3.2.1. Observación

Se realizaron evaluaciones detalladas de las características estructurales y del estado actual de las edificaciones, verificando la presencia de posibles fallas, grietas, entre otros

aspectos. Estas evaluaciones posibilitaron la elaboración de un diagnóstico situacional preciso de las edificaciones (Soto, 2018).

3.2.2. Fichas

Para recopilar información en los 17 hospitales básicos de la zona Centro-Norte del país pertenecientes al Ministerio de Salud Pública, se aplicará la técnica de la investigación de producción de datos, “Cuestionarios” Dalle et al. (2005) a través de formularios estandarizados:

- Evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, de la *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la NEC 2015*.
- Módulo 2: Seguridad Estructural, perteneciente al Formulario 2: Lista de verificación de la seguridad hospitalaria, del *Índice de Seguridad Hospitalaria Guía de Evaluadores*.

3.2.3. Modelamiento sísmico

Se llevó a cabo un modelamiento del Hospital Básico El Corazón debido a que exhibe el índice de vulnerabilidad más alto.

3.2.4. Entrevistas

Se entrevistó a personal que labora en la institución con el fin de obtener información sobre la antigüedad e información básica de las edificaciones (Soto, 2018).

3.2.5. Recopilación de datos

Dentro de la creación del itinerario se tomará en cuenta el tiempo necesario para movilizarse entre los hospitales a visitar, el tiempo necesario para inspeccionar cada uno de estos y el tiempo en paradas esenciales como alimentación y descanso. Para las inspecciones

que se van a realizar es necesario revisar brevemente el contenido de los formularios para evaluar y cuantificar el estado de las estructuras de estudio.

La mayoría de los hospitales en cuestión han sido construidos hace más de 50 años, y durante la evaluación se ha notado una notable carencia de información esencial, como planos estructurales, arquitectónicos y registros de construcción. Ante esta falta de documentación, se llevó a cabo un levantamiento detallado de información sobre la infraestructura, abarcando aspectos como geometría, distribución, dimensiones e instalaciones. Además, mediante una inspección visual, se verificó si estas edificaciones han sufrido algún tipo de daño o alteración en sus estructuras.

3.3. Formulario: Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad de edificaciones Guía 5: Evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras; de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015

Basándose en el Plan de Acción DIPECHO-NEC 2015-2016, con referencia ECHO/-SM/BUD/2015/91020, se desarrollaron siete guías específicas para la revisión y correcta implementación de la NEC-15. Estas guías fueron diseñadas con la intención de ser utilizadas tanto por profesionales como por no profesionales, abarcando así un amplio espectro de usuarios. Las guías que conforman dicha serie son:

- 1) Diseño de pórticos de hormigón armado para viviendas de 1 y 2 pisos;
- 2) Diseño de estructuras de hormigón armado;
- 3) Diseño de estructuras de acero;
- 4) Diseño de estructuras de madera;
- 5) Evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras;
- 6) Estudios geotécnicos y trabajos de cimentación;

7) Procedimientos mínimos para trabajadores de la construcción.

Esta publicación es realizada en el marco del proyecto “Fortalecimiento de capacidades institucionales y comunitarias a nivel nacional y local, para la reducción de la vulnerabilidad frente a eventos sísmicos en el Ecuador” (MIDUVI, 2015).

3.3.1. El formulario

Dentro de la Guía de Diseño 5, se recurre a la sección titulada "Inspección y Evaluación Sísmica Simplificada de Estructuras Existentes. Pre-evento". Encontramos el formulario Esta evaluación implica llevar a cabo una visita a la edificación, con una duración estimada de 15 a 30 minutos por edificación (entre 30 y 60 minutos si es posible acceder al interior). Posteriormente, se completa un formulario, cuyos detalles se proporcionarán más adelante. A través del análisis de parámetros, la edificación recibe una calificación que puede ser: *baja vulnerabilidad* en términos de daños y seguridad de los ocupantes frente a un sismo, aquellos con *vulnerabilidad media*, que se encuentran dentro de parámetros aceptables, y aquellos con una *vulnerabilidad alta*, que requieren un estudio más detallado.

Este método es cuantitativo, el cual para la determinación de sí se reforzará la edificación lo hace a través de un índice S. Si el resultado de la evaluación es menor o igual que dos (≤ 2) se debe realizar una evaluación más detallada a cargo de un ingeniero experto en diseño estructural. Si el índice de la metodología es mayor o igual que dos (≥ 2.5), no necesita reforzamiento. Si el índice se encuentra entre 2 y 2.5 se considera una edificación de vulnerabilidad media (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 7

Formulario: Evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES														
Esquema estructural en planta y elevación de la edificación	DATOS DE LA EDIFICACIÓN:													
	Dirección:													
	Nombre de la edificación:													
	Sitio de referencia:													
	Tipo de uso:							Fecha de evaluación:						
	Año de construcción:							Año de Remodelación:						
	Área Construida (m ²):							Número pisos:						
	DATOS DEL PROFESIONAL:													
	Nombre del evaluador:													
	C.I. Registro SENEYCIT													
Fotografía														
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Madera	W1 H. Armado prefabricado										PC			
Mampostería sin refuerzo	URM Pórtico Acero Laminado										S1			
Mampostería reforzada	RM Pórtico Acero Laminado con diagonales										S2			
Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX Pórtico Acero Doblado en frío										S3			
Pórtico Hormigón Armado	C1 Pórtico Acero Laminado con muros estructurales de H. armado										S4			
Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2 Pórtico Acero con paredes mampostería										S5			
Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3													
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S														
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5	
Puntaje Básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8		2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN														
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	0,4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	0,8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN														
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN														
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1	1
TIPO DE SUELO														
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
PUNTAJE FINAL S														
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA														
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial													
2.0<S<2.5	Media vulnerabilidad													
S>2.5	Baja Vulnerabilidad													
Observaciones:														Firma responsable de evaluación

Nota. Vista general de Formulario: Evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, modificado por los autores. Fuente: NEC 15 (2015).

A continuación, se detalla el contenido de los formularios y se proporcionan instrucciones sobre cómo completarlos.

3.3.2. Datos de la edificación:

3.3.2.1. Dirección:

La localización debe ser de la manera más exacta posible, donde irá incluido provincia, ciudad, calle principal y calle secundaria (MIDUVI & SGR, 2016).

3.3.2.2. Nombre de la edificación:

Se establece el nombre de cada hospital, de acuerdo con el registro proporcionado por la página web GeoSalud.

3.3.2.3. Sitio de referencia:

Lugares representativos del sector como estadios, parques, plaza de toros, terminales, etc (MIDUVI & SGR, 2016).

3.3.2.4. Tipo de uso:

Si bien no existe una relación directa con el nivel de afección que resulte la estructura después de un sismo, si es necesario conocer cuáles son las funciones que este cumple para poder realizar un plan en caso de emergencia. Existen nueve diferentes tipos de uso de una edificación que son asamblea, comercial, gobierno, histórico, industrial, oficina, residencial, educativo y *servicios de emergencia*, siendo este último el objeto de estudio, ya que son las edificaciones que dan atención ante un evento sísmico, dentro de estas se encuentran las estaciones de policía, centros de comunicaciones, casas de salud y hospitales (MIDUVI & SGR, 2016).

3.3.2.5. Fecha de evaluación:

Otro dato relevante es la fecha de evaluación donde se ingresa la fecha en la que analizó el objeto de estudio (año-mes-día) (MIDUVI & SGR, 2016).

3.3.2.6. Año de construcción:

Como menciona MIDUVI & SGR, (2016): Existe una relación directa entre el año de construcción con las prácticas de diseño y construcción, por lo que afectará o favorecerá en los resultados finales. Ser cuidadoso con no confundirlo con el año de diseño. Los años que no se encontraron en documentación, fue obtenido por las entrevistar al personal del hospital.

3.3.2.7. Año de remodelación:

Años donde se realizaron modificaciones, aumentos de su diseño original, ya que posterior a la construcción es difícil que los materiales y métodos constructivos sean los mismo que el original (MIDUVI & SGR, 2016).

3.3.2.8. Área construida:

Se obtendrá en metros cuadrados, de la edificación principal, incluyendo ampliaciones (MIDUVI & SGR, 2016).

3.3.2.9. Número de pisos:

Parámetro directamente proporcional para el índice de seguridad, de manera que a mayor número de pisos mayor riesgo de gravedad y cantidad de daño (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 8

Datos de la edificación dentro del formulario

The diagram shows a callout from a form to a detailed view of the 'DATOS DE LA EDIFICACIÓN' section. The callout box contains the following fields:

DATOS DE LA EDIFICACIÓN:	
Dirección:	
Nombre de la edificación:	
Sitio de referencia:	
Tipo de uso:	Fecha de evaluación:
Año de construcción:	Año de Remodelación:
Área Construida (m ²):	Número pisos:

Elaborado por: Los autores, 2024.

3.3.2.10. Datos del profesional:

Nombre y apellido de los evaluadores, número de cédula, en este caso al no contar con registro del SENECYT, este campo se llena con N/A por las siglas no aplicable (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 9

Datos del profesional dentro del formulario

The diagram shows a callout from a form to a detailed view of the 'DATOS DEL PROFESIONAL' section. The callout box contains the following fields:

DATOS DEL PROFESIONAL:	
Nombre del evaluador:	
C.I.	
Registro SENECYT	

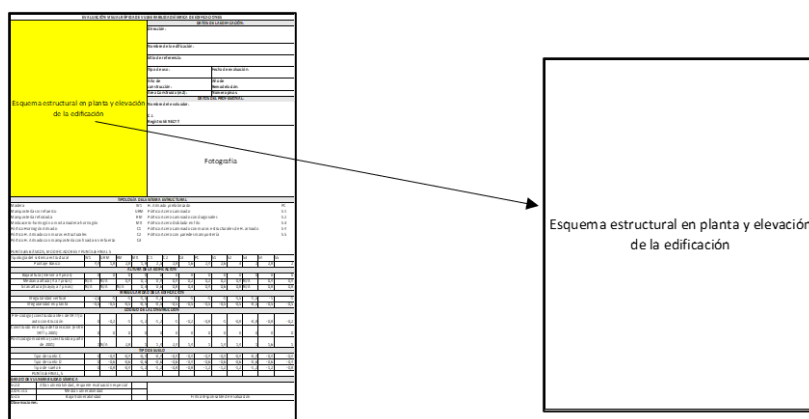
Elaborado por: Los autores, 2024.

3.3.2.11. Esquema estructural en planta y elevación en la edificación:

Se debe realizar cuanto menos un esquema en planta y de ser factible un esquema en elevación. Presentamos esquemas en planta y en elevación de los hospitales con la ayuda de la herramienta AutoCad, en donde se señala con color negro la edificación original y con color rojo las ampliaciones.

Figura 10

Esquema estructural en planta y elevación de la edificación dentro del formulario



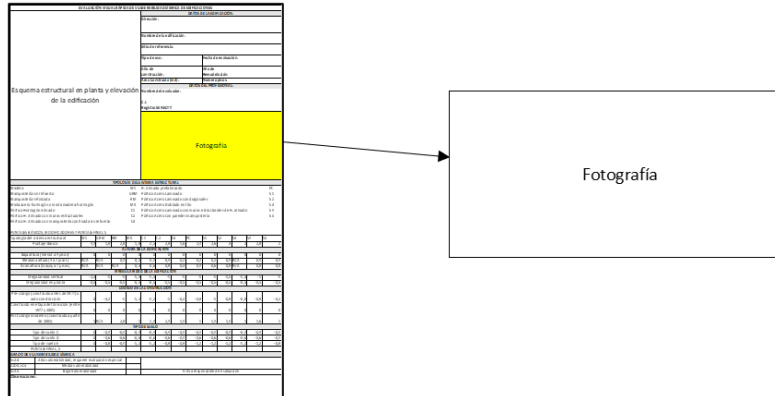
Nota. Los esquemas se realizan con la herramienta de dibujo AutoCad. Elaborado por: Los autores, 2024.

3.3.2.12. Fotografía:

La fotografía será de la parte frontal de la edificación (acceso principal), procurando que en esta se la pueda observar en su totalidad (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 11

Ubicación de fotografía de la estructura dentro del formulario



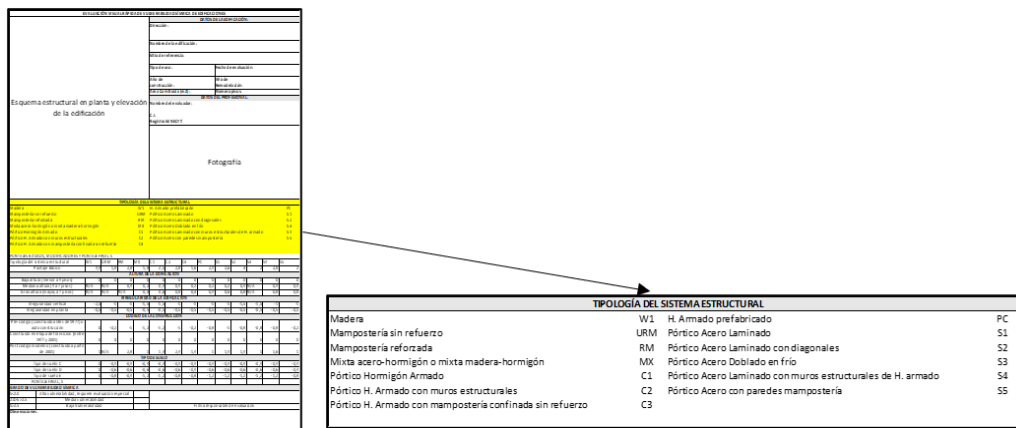
Nota. La imagen muestra la ubicación de la fotografía de la edificación. Elaborado por: Los autores, 2024.

3.3.2.13. Identificación del Sistema Estructural:

En el territorio ecuatoriano la mayoría de los tipos de estructuras se puede representar en 13 grupos, como se puede observar en la figura (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 12

Ubicación de la tipología del sistema estructural dentro del formulario



Nota. Se revisan todos los sistemas estructurales en este proyecto. Elaborado por: Los autores, 2024.

3.3.2.13.1. Madera (W1):

Todos los elementos estructurales son de madera natural o laminada, comúnmente su falla se da en las uniones de los elementos estructurales (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 13

Tipo de sistema estructural: Madera (W1)



Nota. La imagen muestra la estructura de madera de una vivienda de 2 pisos.

Fuente: MIDUVI y SGR (2016).

3.3.2.13.2. Mampostería sin refuerzo (URM):

Paredes portantes construidas con ladrillo, bloque, adobe o bahareque, sin incorporación de refuerzos mecánicos (MIDUVI & SGR, 2016). Se puede observar este tipo de estructura en la figura 3.

3.3.2.13.3. Mampostería reforzada (RM):

Paredes portantes compuestas por bloques o ladrillos, reforzadas tanto horizontal como verticalmente con varillas de acero (MIDUVI & SGR, 2016). Se puede observar este tipo de estructura en la figura 4.

3.3.2.13.4. Mixta acero-hormigón o mixta madera hormigón (MX):

Combinación de elementos estructurales de distintos materiales (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 14

Tipo de sistema estructural: Mixta acero-hormigón o mixta madera hormigón (MX).



Nota. La imagen muestra una vivienda con estructura mixta de acero-hormigón.

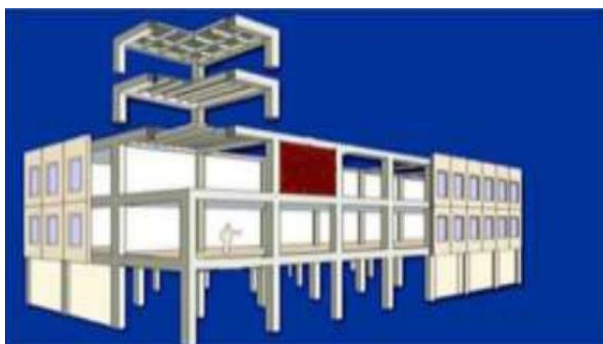
Fuente: MIDUVI y SGR (2016).

3.3.2.13.5. Pórticos de hormigón armado (C1):

Elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 15

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



Nota. La imagen muestra una edificación con estructura pórtico de hormigón armado en proceso de construcción. Fuente: MIDUVI y SGR (2016).

3.3.2.13.6. Pórticos de Hormigón Armado con muros estructurales (C2):

Elementos estructurales, tales como vigas, columnas y muros de hormigón armado, se extienden a lo largo de toda la altura del edificio (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 16

Tipo de sistema estructural: Pórticos de hormigón armado con muros estructurales (C2)



Nota. La imagen muestra una edificación con estructura pórtico de hormigón armado con muros estructurales. Fuente: MIDUVI y SGR (2016).

3.3.2.13.7. Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3):

Elementos estructurales de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin refuerzo metálico (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 17

Tipo de sistema estructural: Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3)



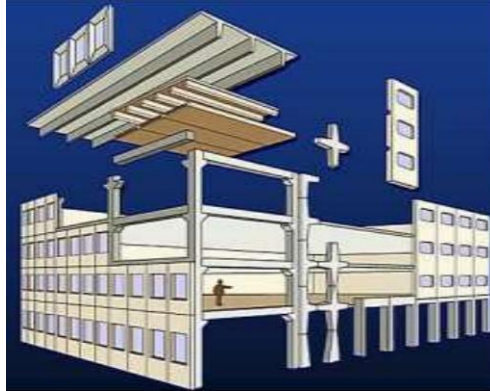
Nota. La imagen muestra una edificación con estructura pórtico de hormigón armado con mampostería confinada en proceso de construcción. Fuente: San Bartolomé, A. y Quiun, D. (2004).

3.3.2.13.8. Hormigón armado prefabricado (PC):

Elementos estructurales como vigas y columnas prefabricadas y ensambladas en obra, este sistema puede fallar si se tiene conexiones mal diseñadas (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 18

Tipo de sistema estructural: Hormigón armado prefabricado (PC)



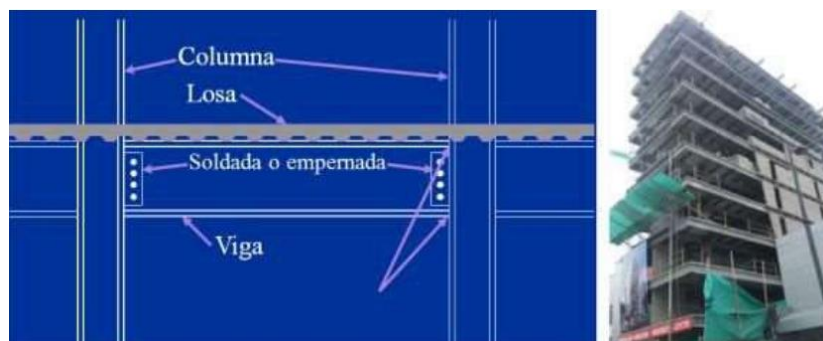
Nota. La imagen muestra una edificación con estructura hormigón armado prefabricado en proceso de ensamblaje. Fuente: MIDUVI y SGR (2016).

3.3.2.13.9. Pórtico acero laminado (S1):

Este método constructivo se conforma por perfiles o secciones de placas laminadas en caliente. Este sistema puede fallar si se tiene conexiones mal diseñadas (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 19

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



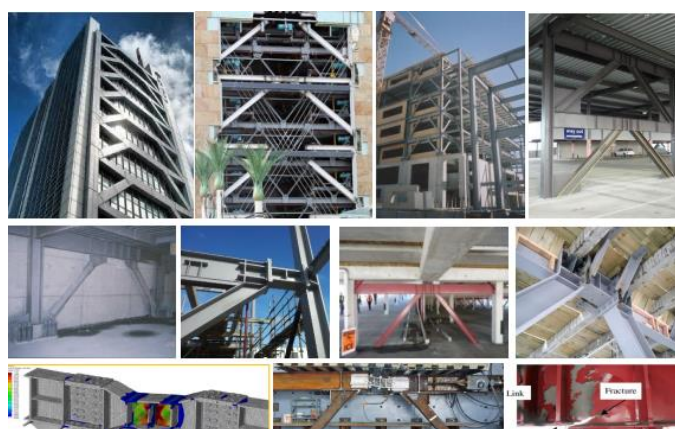
Nota. La imagen muestra una edificación con estructura pórtico de acero laminado y sus conexiones. Fuente: MIDUVI y SGR (2016).

3.3.2.13.10. Pórtico de acero laminado con diagonales (S2):

Este sistema estructural se extiende a lo largo de toda la altura de la edificación, pórtico de acero laminado en caliente, complementado con diagonales rigidizadoras de acero (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 20

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



Nota. La imagen muestra una edificación con estructura pórtico de acero con diagonales, además de sus conexiones. Fuente: CITDF-JAT (2017).

3.3.2.13.11. Pórtico de acero doblado en frío (S3):

Las vigas y columnas están compuestas por secciones de acero de lámina delgada formadas mediante el proceso de doblado en frío (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 21

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



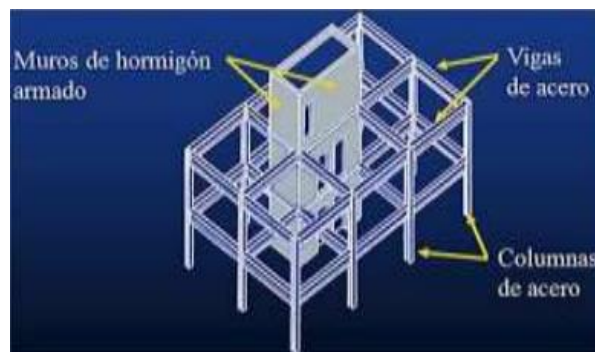
Nota. La imagen muestra una edificación con estructura pórtico de acero doblado en frío. Fuente: FEMA (2015).

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

Pórticos de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado, se presentan a lo largo de toda la altura del edificio. Las cargas laterales se absorben principalmente por los muros, que suelen ubicarse en las áreas del cajón de ascensores y escaleras (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 22

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



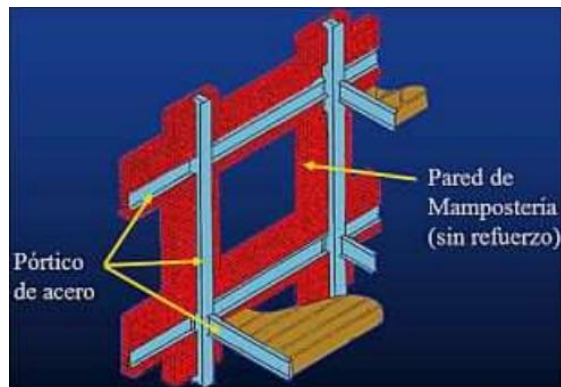
Nota. La imagen muestra una edificación con estructura pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón armado. Fuente: MIDUVI & SGR (2016).

3.3.2.13.13. Pórticos de acero con paredes de mampostería (S5):

“Pórticos de acero laminado en caliente con paredes divisorias de mampostería de bloque de hormigón” (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 23

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



Nota. La imagen muestra una edificación con estructura pórtico de acero con paredes de mampostería. Fuente: Villacrés, W. (2010).

Para cada tipología de construcción, se ha determinado un índice de peligro estructural (puntaje básico) que representa la probabilidad de daño y pérdida en una edificación. Este cálculo se basa en las normativas FEMA 154 y 155. Los valores se pueden apreciar en la figura.

Figura 24

Puntaje básico de acuerdo con la tipología estructural dentro del formulario

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2

Nota. Este puntaje será alterado para la edificación al llenar todos los modificadores que continúan en el formulario. Elaborado por: Los autores, 2024.

3.3.2.13.14. Altura de la edificación:

Se considera a las edificaciones de baja altura aquellas que no superen los 3 pisos, estas generan riesgos muy bajos frente a un sismo leve. Si la edificación tiene entre 4 a 7 pisos, se la categoriza como de mediana altura. Finalmente, si la estructura presenta mas de 8 pisos se consideran de gran altura. Dentro de nuestro proyecto al ser hospitales básicos, no superan los 3 niveles.

Figura 25

Modificadores: Altura de la edificación

The diagram shows a flow from a detailed form to a summary table. The form contains various fields for structural and building information, including 'Esquema estructural en planta y elevación de la edificación' and 'Fotografía'. Below the form is a table with 14 columns and 3 rows, titled 'ALTURA DE LA EDIFICACIÓN'. The table contains numerical values for different building height categories.

ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8

Nota. Dependiendo de la tipología estructural aplicará o no la modificación de puntaje. Elaborado por: Los autores, 2024

3.3.2.13.15. Irregularidad de la edificación:

Figura 26

Modificadores: Irregularidades de la edificación

The diagram shows a flow from a detailed form to a summary table. The form contains various fields for structural and building information, including 'Esquema estructural en planta y elevación de la edificación' and 'Fotografía'. Below the form is a table with 14 columns and 2 rows, titled 'IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN'. The table contains numerical values for vertical and plan irregularities.

IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN														
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5

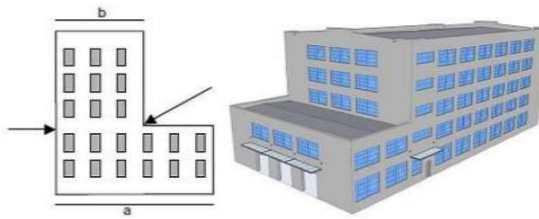
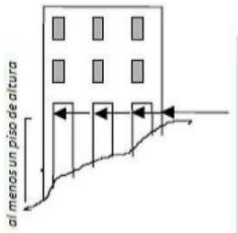

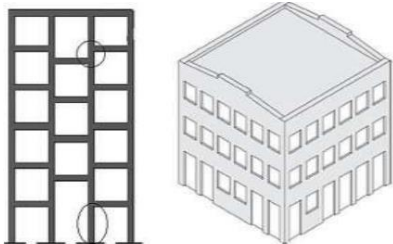
Nota. Dependiendo de la tipología estructural aplicará o no la modificación de puntaje. Elaborado por: Los autores, 2024

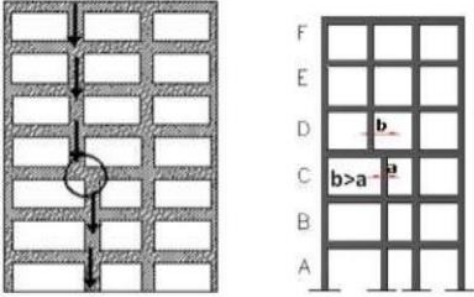
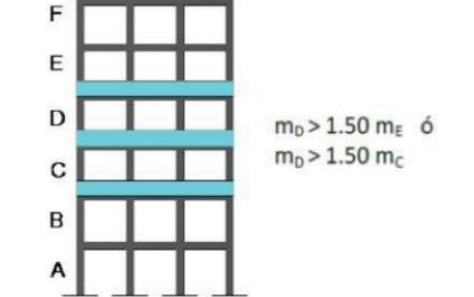
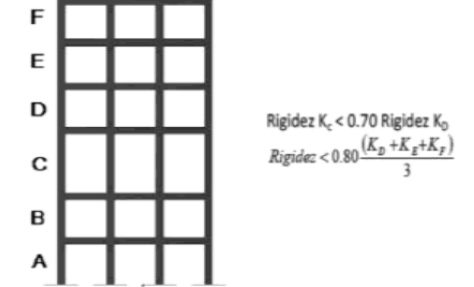

3.3.2.13.16. Irregularidad vertical:

En la siguiente tabla, se presentan las irregularidades que deben constar en el formulario.

Tabla 12

Tipos de irregularidad vertical en las edificaciones

Irregularidad vertical		
Tipo	Características	Imagen
Irregularidad Geométrica	Si la edificación es irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, excepto en el caso de los altillos de un solo piso ($a > 1.3b$)	 <p>El diagrama muestra un plano de planta de un edificio con un altillo. Las dimensiones 'a' y 'b' están etiquetadas. Una flecha indica la relación entre las dimensiones de los pisos adyacentes. A la derecha, una imagen 3D muestra un edificio con un altillo.</p>
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>El diagrama muestra un edificio en una pendiente. Una línea vertical indica la altura de un piso. Una flecha indica la pendiente. A la derecha, una imagen 3D muestra un edificio en una pendiente.</p>
Piso débil	Si la rigidez de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás pisos. Disminución en mampostería portante o muros estructurales	 <p>El diagrama muestra un plano de planta de un edificio con un piso débil. Una flecha indica la disminución de mampostería portante o muros estructurales. A la derecha, una imagen 3D muestra un edificio con un piso débil.</p>
Columna corta o larga	Si la edificación presenta columnas cortas o demasiado largas (comúnmente en mazzanines).	 <p>El diagrama muestra un plano de planta de un edificio con columnas cortas o largas. Una flecha indica las columnas cortas o largas. A la derecha, una imagen 3D muestra un edificio con columnas cortas o largas.</p>

Ejes verticales o muros soportados por columnas	La estructura de la edificación es irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y estos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento	
Distribución de masa	La estructura de la edificación es irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	
Piso flexible	La estructura de la edificación es irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores	
Adiciones	la estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, fuera del diseño original, de un piso o más	


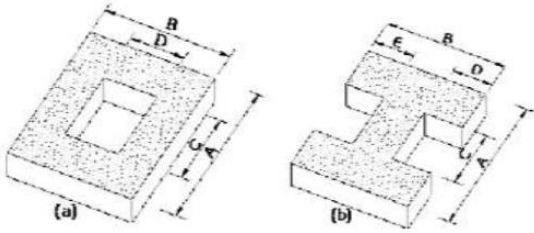
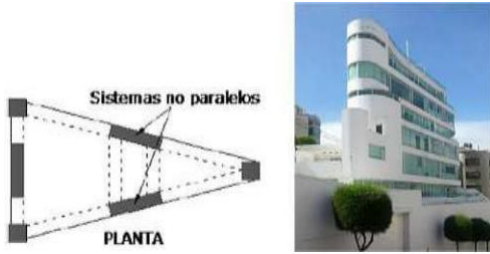
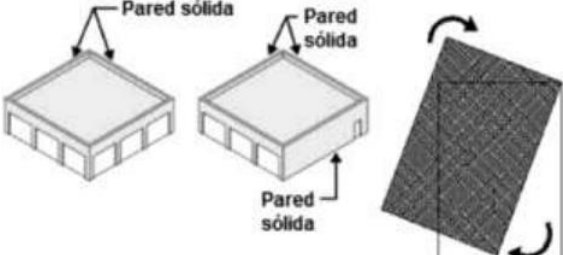
Nota. Tabla realizada con información basada en la Guía de diseño 5: Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 de evaluación y rehabilitación. Fuente: MIDUVI & SGR (2016).

3.3.2.13.17. Irregularidad en planta:

En la siguiente tabla, se presentan las irregularidades que deben constar en el formulario.

Tabla 13

Tipos de irregularidad en planta en las edificaciones

Irregularidad en planta		
Tipo	Características	Imagen
Forma	La estructura de la edificación es irregular cuando su configuración en planta presenta las formas L, T, I, U E, o forma de cruz, sin juntas de construcción	
Discontinuidades en el sistema de piso	La estructura de la edificación es irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, causadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso	 <p style="text-align: center;">a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[Cx + CxE] > 0.5AxB$</p>
Ejes estructurales no paralelos	la estructura de la edificación es irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura	 <p style="text-align: center;">Sistemas no paralelos PLANTA</p>
Torsional	La estructura de la edificación es irregular cuando presenta buena resistencia lateral en una dirección pero en la otra no o si existe rigidez excéntrica en planta; o cuando su centro	 <p style="text-align: center;">Pared sólida Pared sólida Pared sólida</p>

de rigidez no coincide con su centro de masa

Adiciones La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, fuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción.



Nota. Tabla realizada con información basada en la Guía de diseño 5: Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 de evaluación y rehabilitación. Fuente: MIDUVI & SGR (2016).

3.3.2.13.18. Código de la construcción:

Figura 27

Modificadores: Código de la construcción

CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1

Nota. Dependiendo de la tipología estructural el puntaje será asignado. Elaborado por: Los autores, 2024.

- **Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción:**

Código Nacional de Construcciones de 1951

Tras el sismo catastrófico de $M_w=6.8$, el 5 de agosto de 1949 en Ambato, el cual provocó la muerte aproximada de 6000 personas y la pérdida de viviendas que dejaron a 100 000 sujetos sin hogar, se publicó de manera urgente el primer Código Nacional de la Construcción. Este código fue elaborado en las oficinas del Plan Regulador con apoyo del Ingeniero estadounidense, Henry, J. Brunner, basándose en códigos internacionales como los de Estados Unidos, Chile e Italia. Fue obligatorio para todo el país en 1952, aunque no se aplicó por la mayoría de los constructores e instituciones gubernamentales (Quinatoa, 2022).

Figura 28

Portada del Código de Construcción de 1951



Nota. Este código introduce al concreto armado para la construcción de viviendas.

Fuente: Quinatoa (2022).

Código Ecuatoriano de la construcción. CEC-1977

En 1976, Esmeraldas experimentó un sismo que causó graves daños en las edificaciones de hormigón armado, mientras que se presentaron daños menores en estructuras mixtas de mampostería y madera (Quinatoa, 2022). Por lo que Ecuador estableció su primer código de construcción centrado en la estimación de fuerzas laterales y criterios de diseño

sísmico, inspirado en el Código Americano UBC de 1974. Es decir las edificaciones previas a 1977 podrían no ser sismo-resistentes (MIDUVI & SGR, 2016).

- **Código Ecuatoriano de Construcción 1977-2000 (Período de Transición)**

Sin embargo, tras el terremoto de Bahía de Caráquez en 2001, se introdujo el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2001), que incorporó conocimientos sismológicos e ingenieriles globales, posicionando el año 2001 como un hito en el diseño sísmico ecuatoriano (MIDUVI & SGR, 2016).

“El código contenía información específica para estructuras de hasta tres pisos de altura sin adición de elementos prefabricados por lo cual se plantean actualizaciones” (Aldena et al., 2022).

- **Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000) (Post código)**

En esta normativa, el cortante basal se calcula en función de la zona sísmica, representada por un factor Z . Las zonas sísmicas se categorizan en cuatro grupos, evaluados según el nivel de peligro sísmico, y se presentan cuatro perfiles de suelo distintos. Este enfoque busca garantizar un comportamiento óptimo de las estructuras dentro del rango elástico, controlando adecuadamente las derivas conforme a estándares internacionales (Aldena et al., 2022).

- **Código Ecuatoriano de la Construcción (NEC 15) (Código Moderno)**

Aparece la normativa ecuatoriana de la construcción NEC – 15 con el objetivo de mejorar los procesos constructivos y establecer una guía que contenga principios de diseño sísmo resistentes, presenta 6 zonas sísmicas y categoriza al suelo con letras de A hasta F (Aldena et al., 2022).

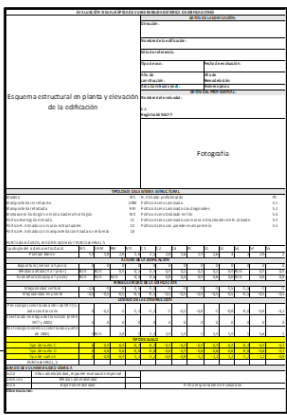
3.3.2.13.19. Tipo de Suelo

El formulario de modificador tipo de suelo enmarca tres categorías de suelo (C, D y E) para clasificar estructuras, aunque la NEC 2015 identifica seis tipos de suelo. Las estructuras cimentadas en suelos de tipo A y B no suelen ser gravemente afectadas por sismos. Notablemente, no se proporciona un modificador para el suelo tipo F debido a la limitada eficacia de la evaluación visual rápida para este tipo de suelo (MIDUVI & SGR, 2016).

Es esencial la intervención de un ingeniero geotécnico y otro con experiencia en evaluación estructural para evaluar adecuadamente el suelo tipo F. Cabe destacar que una estructura con sistemas de pilotaje en su base puede ser clasificada como un suelo "mejorado". Por ejemplo, si una estructura se asienta sobre suelo tipo E pero utiliza pilotes, podría ser categorizada en el formulario como suelo tipo D. A continuación, se detallarán las características de cada tipo de suelo que se incluyen como modificadores en el formulario, según la NEC 2015 (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 29

Modificadores: Tipo de suelo dentro del formulario



The image shows a screenshot of a software form for soil classification. The form includes fields for 'Esquema estructural en planta y elevación de la edificación' and 'Fotografía'. Below these are several tables for data entry. A callout table, titled 'TIPO DE SUELO', is shown below the main form, detailing the modifier values for different soil types.

TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8

Nota. Dependiendo de la tipología estructural el puntaje será asignado. Elaborado por: Los autores, 2024.

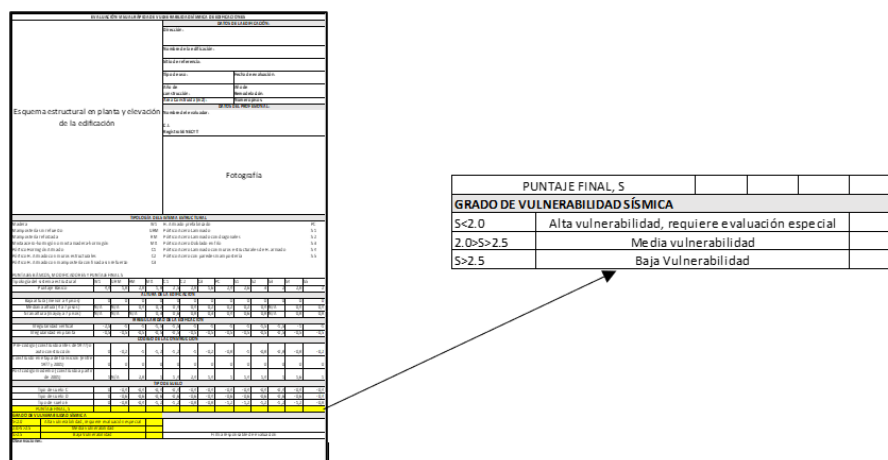
3.3.2.13.20. Puntaje final, S y Grado de vulnerabilidad sísmica:

Se determina el índice final a través de una suma algebraica de los valores involucrados (la columna dentro del formulario). Conocido este índice final se determina si no se necesita reforzar la edificación o si hay que utilizar otro método como explicamos anteriormente (Velasco, 2020).

Tras calcular el puntaje final S, el evaluador debe indicar el grado de vulnerabilidad de la estructura mediante una marca de "X" o un visto. (MIDUVI & SGR, 2016).

Figura 30

Puntaje final, S y Grado de vulnerabilidad sísmica



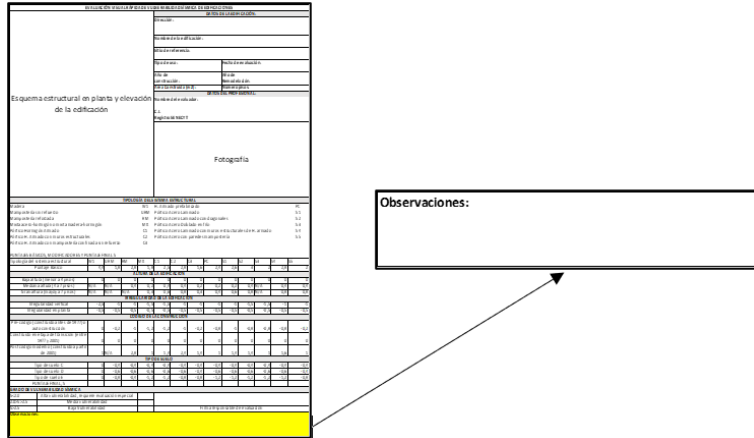
Elaborado por: Los autores, 2024.

3.3.2.13.21. Observaciones:

La sección final del formulario está destinada a que el evaluador registre cualquier observación relevante sobre la construcción, su uso, estado, circunstancias particulares de la edificación o cualquier detalle significativo que considere pertinente señalar.

Figura 31

Observaciones dentro del formulario



Elaborado por: Los autores, 2024.

3.4. Formulario: Índice de Seguridad Hospitalaria: Aspectos relacionados con la seguridad estructural

3.4.1. Índice de Seguridad Hospitalaria

Es una herramienta que fue creada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) junto con técnicos especialistas a nivel mundial, quienes hicieron los respectivos estudios relacionados con la infraestructura de salud a nivel centro y latinoamericano.

La visión del ISH para los establecimientos de salud es la de mantenerlos seguros frente a desastres, para que la entidad pueda funcionar con normalidad, siendo esto basado desde el punto de vista arquitectónico y estructural, que es la característica principal para llevar a cabo la evaluación a los hospitales, mediante una lista de verificación que contiene una serie de variables, a las que se aplican estándares de seguridad, asignando pesos relativos a cada aspecto evaluado, que son cargados a un modelo matemático que brinda el valor

numérico y expresa el nivel de seguridad hospitalario. Esta herramienta es de bajo costo y de fácil uso (OMS y OPS, 2008 y 2018).

La OPS y OMS (2008) han establecido tres niveles de protección para el diseño de futuros establecimientos de salud que son:

- Proteger la vida de los pacientes; visitas y personal de la institución
- Proteger la inversión en equipamientos e instalaciones
- Proteger la función del establecimiento de salud en casos de desastre

Es importante comprender que este índice no da la misma cantidad de información que una evaluación exhaustiva de vulnerabilidad, mas este es más rápido y económico que dicha evaluación permitiendo que cada país que lo use pueda priorizar que establecimientos necesitan una intervención.

3.4.2. Formulario 2 (ISH): Ficha de evaluación del nivel de seguridad del establecimiento de salud”

Es el documento con el cual se determina el índice de seguridad hospitalario frente a desastres, este posee 93 variables de evaluación, estos tienen tres niveles: alto, bajo y medio.

Tabla 14

Formulario: Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH)

Índice de Seguridad para Instalaciones de Salud Pequeñas

NOMBRE DEL HOSPITAL

2. Aspectos relacionados con la seguridad estructural					
Columnas, vigas, muros, losas y otros, son elementos estructurales que forman parte del sistema de soporte de la edificación. Estos aspectos deben ser evaluados por Ingenieros estructurales.					
2.1 Seguridad debido a antecedentes del establecimiento	CONTROL	Grado de seguridad			OBSERVACIONES
		BAJO	MEDIO	ALTO	
<p>¿El establecimiento ha sufrido daños estructurales? Verificar si existe dictamen estructural que indique que el grado de seguridad ha sido comprometido y en qué nivel. Si no existiera, averiguar si luego de un evento, se presentaron fisuras, asentamientos en la edificación, si se evidenció alteración en su estructura o si no se presentaron daños. SI NO HAN OCURRIDO FENOMENOS NATURALES EN LA ZONA DONDE ESTA EL ESTABLECIMIENTO DE SALUD, NO MARQUE NADA. DEJE ESTA LINEA EN BLANCO. B= Daños mayores; M= Daños moderados; A= Daños menores.</p>	BLANCO				
<p>¿El hospital ha sido construido, reparado, remodelado o adaptado afectando el comportamiento de la estructura? Verificar si se han realizado modificaciones que afectaron la instalación. B, remodelaciones o adaptaciones con evidencia de estar mal hechas (p.e eliminación de un muro portante, construcción de un edificio muy junto, abertura de ventana, etc.); M, remodelaciones o adaptaciones moderadas (p.e. aberturas para puertas y ventanas pequeñas); A, remodelaciones o adaptaciones menores han sido bien hechas (p.e. colocando columnas y/o vigas) o no han sido necesarias.</p>	BLANCO				

2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	CONTROL	Grado de seguridad			OBSERVACIONES
		BAJO	MEDIO	ALTO	
<p>¿En qué estado se encuentra la edificación? Verificar pérdida de recubrimiento, grietas o hundimientos. B, deteriorada por meteorización o exposición al ambiente, con grietas en las zonas de especial cuidado (ver de acuerdo a cada material de construcción) y con evidencia de hundimiento; M, presenta dos de los casos; A, sana, no se observan deterioro, grietas ni hundimientos.</p>	BLANCO				
<p>¿Cómo se encuentran los materiales de construcción de la estructura? Verificar si los elementos cuyos materiales se encuentran en mal estado son estructurales. B, oxidada con escamas o grietas mayores de 3 mm, agrietamiento diagonal en muros, deformaciones perceptibles en elementos de acero/madera o falta de elementos en conexión, pérdida de sección; M, grietas entre 1 y 3 mm u óxido en forma de polvo, grietas diagonales incipientes en muro o, falta de algunos elementos en conexiones de estructuras en acero y madera; A, grietas menores a 1 mm y no hay óxido en el concreto, grietas mínimas en los muros, deformaciones imperceptibles en elementos de acero y madera.</p>	BLANCO				
<p>¿Existe interacción de los elementos no estructurales con la estructura? Verificar si: las ventanas ocasionan columnas cortas; hay tuberías que cruzan de forma rígida juntas de dilatación; existe un peso de forma puntual (p.e. un tanque de agua) sobre un elemento estructural de la edificación, etc. B, se presentan dos o más de estos casos, o similares; M, se presenta sólo uno de estos casos o similares; A, no se presenta ninguno de estos casos ni similares.</p>	BLANCO				
<p>¿Los edificios están juntos o muy próximos? Verificar el espacio de separación entre el establecimiento y el edificio vecino. B, los edificios están unidos o presentan una separación menor de 25 mm (1 pulgada); M, la separación entre edificios es de 50. a 75 mm (2 a 3 pulgadas); A, la separación entre edificios es de más de 100 mm (4 pulgadas).</p>	BLANCO				

<p>¿Existe redundancia en la estructura del establecimiento? <i>Verificar las líneas de resistencia, considerando pórticos, muros portantes, ejes de columnas y vigas, entre otros. B, menos de tres líneas de resistencia en cada dirección; M, tres líneas de resistencia en cada dirección o líneas con orientación no ortogonal; A, más de tres líneas de resistencia en cada dirección ortogonal del edificio.</i></p>	BLANCO				
<p>¿Cómo se encuentran las conexiones del edificio? <i>Verificar el estado de las uniones entre elementos estructurales, identificando fisuras en los nudos o desprendimiento de materiales en esa zona. B, conexiones en mal estado; M, conexiones en estado regular; A, conexiones en buen estado.</i></p>	BLANCO				
<p>¿Cómo se encuentra la seguridad de los cimientos? <i>Evaluar el estado de la cimentación. Si se dispone de planos, verificar material empleado y profundidad, e identificar evidencias de hundimiento, fisuras en los pisos y posible asentamiento. Si no se cuenta con ellos, asumir un nivel bajo de seguridad. B, si es de piedra o no se sabe; M, si es de concreto, tiene una profundidad menor a 0.60 m y hay evidencia de afectación; A, si es de concreto, tiene una profundidad mayor a 0.60 m y no hay evidencias de afectación.</i></p>	BLANCO				
<p>¿Existen irregularidades en planta? <i>Verificar la forma de la edificación, que la estructura sea uniforme (p.e. se respeten juntas sísmicas, no hayan patios al interior del edificio, las columnas y elementos portantes conserven ejes, etc.) y la presencia de elementos que pueden causar torsión (p.e. tanques de agua ubicados a un extremo de la cubierta). B, se presentan las tres o por lo menos dos de las opciones (formas no regulares, estructura no uniforme en la planta o presencia de elementos que pueden causar torsión); M, se presenta una de las opciones; A, no se presenta alguna de las opciones.</i></p>	BLANCO				
<p>¿Se presentan irregularidades en elevación? <i>Identificar la presencia de discontinuidad (p.e. diferentes materiales de construcción empleados en los diferentes niveles, que el segundo piso sobre sale del primero, etc.); masas concentradas (p.e. tanques de agua ubicados sobre el techo); pisos blandos (p.e. pisos de diferente altura ya sea por lobby, parqueo, sala de espera) ó columnas cortas. B, se presentan las tres por lo menos dos de las opciones (el edificio presenta discontinuidad, masas concentradas, pisos blandos y columnas cortas); M, se presenta aunque sea una de las alternativas; A, no se presenta ninguna de las opciones.</i></p>	BLANCO				
<p>¿La edificación contempla la adecuación de la estructura a otros fenómenos naturales? <i>De acuerdo a las orientaciones del capítulo previo (Ubicación geográfica) y a las medidas de prevención o mitigación que hayan sido implementadas, verificar la capacidad del establecimiento en su conjunto, para enfrentar las diferentes amenazas a las que se encuentra expuesto. B, alta vulnerabilidad estructural frente a las amenazas presentes en la zona donde está ubicado el establecimiento; M, vulnerabilidad estructural media; A, baja vulnerabilidad estructural.</i></p>	BLANCO				

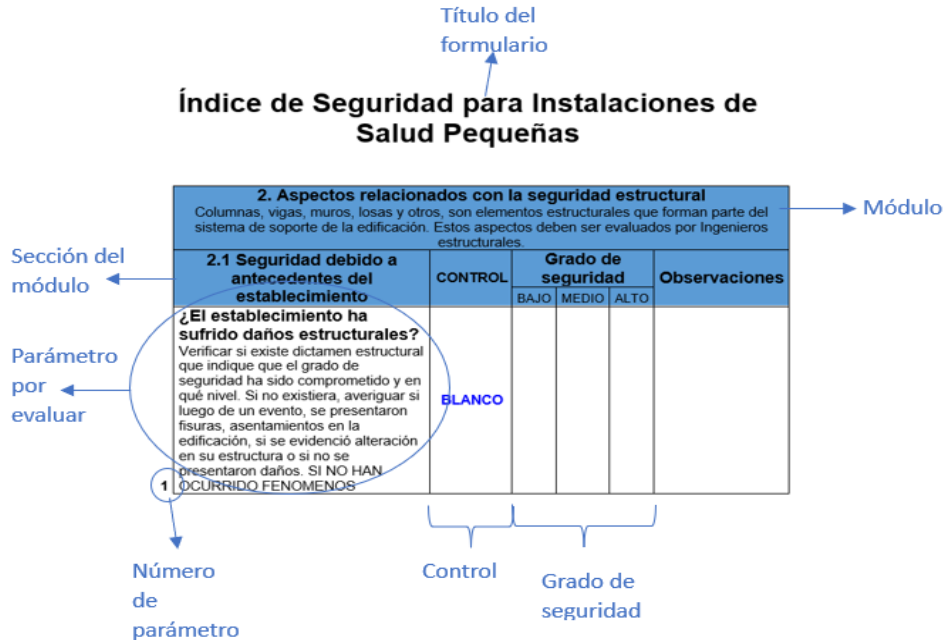
Nota. Se presenta la versión digitalizada del formulario. Fuente: OMS y OPS (2018)

3.4.3. Introducción de los datos en la hoja de cálculo del Índice de Seguridad Hospitalaria

Los formularios que sirven para evaluar las estructuras a visitar serán llenados de manera digital por medio de una plantilla de Excel, estos se encontrarán accesibles desde servicios de almacenamiento en línea, lo que permite realizar el análisis posterior.

Figura 32

Identificación de componentes del formulario



Nota. Los componentes serán explicados con mayor detalle para una mejor comprensión. Elaborado por: Los autores, 2024.

3.4.4. Título del formulario:

Identifica el formulario a utilizar, siendo este “Índice de Seguridad de Instalaciones de Salud Pequeñas”, en su versión digital.

3.4.5. Módulo

Este formulario se encuentra dividido en cuatro módulos Ubicación Geográfica del Establecimiento de Salud, Seguridad Estructural, Seguridad No Estructural y Seguridad con Base en la Capacidad Funcional. Para este trabajo solo se enfoca en usar el módulo referente a la Seguridad Estructural (OPS, 2018). Para este trabajo se calculará el ISH enfocado en el módulo de Seguridad Estructural, que posee 12 variables.

3.4.6. Sección del módulo

Este trabajo al ser enfocado en el módulo estructural se divide en:

- Seguridad debido a antecedentes del establecimiento.
- Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.

3.4.7. Parámetro por evaluar

Dentro de la celda se encuentra la pregunta explícita, con una breve explicación del parámetro, al igual que la simbología que corresponde al grado de seguridad, por lo que el formulario es bastante fácil de llenar

3.4.8. Número de parámetro

Se enumera a los parámetros que están dentro del formulario.

3.4.9. Grado de seguridad

Se debe ingresar el número "1" en la celda correspondiente de cada rubro. Es decir, se categoriza a la edificación, dependiendo de su estado con un grado de seguridad bajo, medio o alto, en cada pregunta.

3.4.10. Control

Esta fila se encuentra únicamente en la versión digital del formulario donde cambiará a las opciones de:

- **Blanco:** La fila de control está predeterminadas con el “blanco” ya que este es el estado de las casillas, no tiene contenido.
- **Error:** una vez llenadas las casillas si se borra el número “1”, la casilla se marcará como error. Si en alguna pregunta está calificada dos o incluso tres veces, también se marca error.

- **Ok:** se mostrará esta palabra si se llena con el número “1” el parámetro, una única vez.

3.4.11. Observaciones

Se llenará con cualquier novedad que exista dentro del parámetro analizado.

3.4.12. Metodología Para Índice De Seguridad

Cuando las fórmulas de la hoja de cálculo se aplican a los datos de la lista de verificación, se asigna valores ponderados a cada punto, sección, submódulo y módulo. Así se calcula un valor específico y un índice para cada módulo (seguridad estructural, seguridad no estructural y gestión de emergencias y desastres), así como el índice general de seguridad hospitalaria (OMS y OPS, 2018).

Para calcular el índice de seguridad hospitalaria se aplica la lista de verificación que es una tabla con una serie de fórmulas que asignan valores específicos a cada punto. Algunos submódulos tienen varias secciones. El valor de cada punto se multiplica por su peso relativo en una sección o submódulo. La suma de valores de todos los puntos representa el 100% del submódulo. Cada submódulo se pondera en relación con los otros submódulos del mismo módulo. La suma de los valores ponderados de los submódulos arroja el 100% del módulo respectivo (OMS y OPS, 2018).

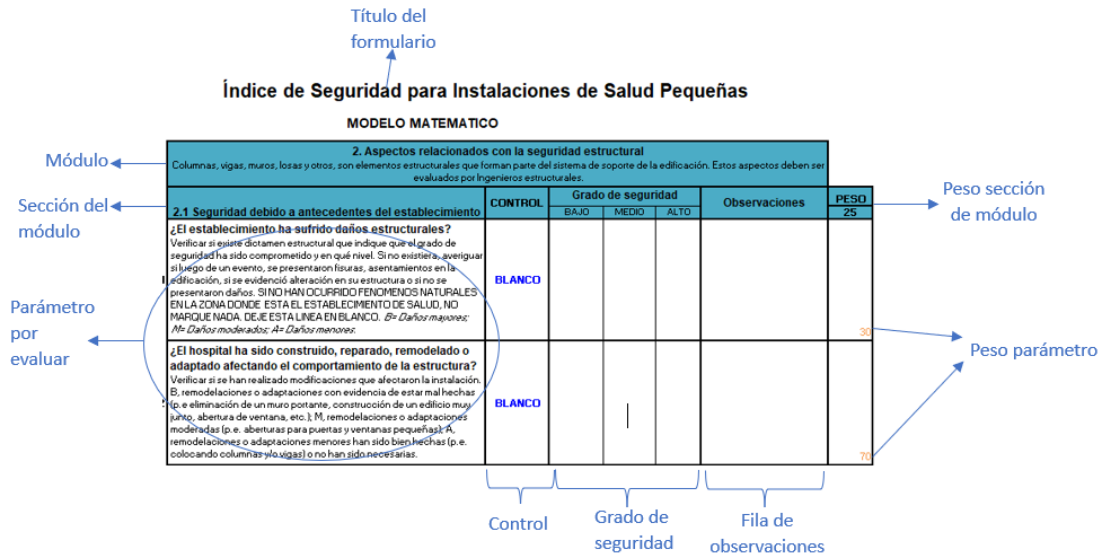
- La seguridad estructural tiene un valor ponderado que equivale al 33,3% del índice;
- La seguridad no estructural tiene un valor ponderado del 33,3%; y
- La gestión de emergencias y desastres tiene un valor ponderado del 33,3%.

La suma de los resultados ponderados de los tres módulos proporciona una clasificación de la seguridad hospitalaria expresada como la probabilidad (porcentaje) de que el establecimiento pueda funcionar en caso de emergencias desastres (OMS y OPS, 2018).

Como se mencionó con anterioridad, en el presente trabajo solo se utilizará el módulo de aspectos relacionados con la seguridad estructural.

Tabla 15

Identificación de las partes del formulario



Nota. Esta figura muestra una parte parcial del formulario. Elaborado por: Los autores y modificado de OPS y OMS (2018).

Para esto se realizar los cálculos se hace la sumatoria de cada fila donde se colocó el número “1”, con su peso respectivo obteniendo 3 sumatorias, la del grado de seguridad bajo, medio y alto cuyo resultado será entre 0 y 100, una manera de verificar que el proceso se está realizando de manera correcta es que las al sumar el total de cada fila, debe dar 100:

Tabla 16

Sumatorias por grado de seguridad

Categoría	ΣGrado de seguridad bajo	ΣGrado de seguridad medio	Σ Grado de seguridad alto	Total
	Alta probabilidad de no funcionar	Probablemente funcione	Alta probabilidad de funcionar	
Estructural	0,00 - 100,00	0,00 - 100,00	0,00 - 100,00	100

Nota. Extracto de hoja de cálculo digital. Elaborado por: Los autores y modificado de: OPS y OMS (2018).

3.4.13. Ponderación horizontal

Figura 33

Ponderación horizontal

Ponderación horizontal		Factores de Seguridad	
Alta probabilidad de no funcionar	1	0,00	Extremo horizontal inferior
Probablemente funcione	2	0,00	
Alta probabilidad de funcionar	4	4,00	Extremo horizontal superior

Factor de seguridad final: **4,00**

Nota. Extracto de hoja de cálculo digital. Fuente: OPS y OMS (2018).

3.4.14. Factor de seguridad

$$F_S = \frac{P_H * \Sigma G_S}{100}, \text{ donde:}$$

F_S Factor de seguridad

P_H Valor de ponderación horizontal

ΣG_S = Sumatoria del grado de seguridad

El factor de seguridad final, es la suma de los factores de seguridad (F_S), el siguiente paso es *Cálculo del rango a ser usado para computar los índices de seguridad y vulnerabilidad*:

Para evitar sesgos debido a las cifras concordadas de los pesos usados en las ponderaciones del modelo, se acordó usar un Rango que toma en cuenta ambos extremos de la escala horizontal de peso. En este caso, el nivel mínimo de la seguridad es 1 y la máxima puntuación es 4. El uso de un rango también le permite al evaluador apreciar gráficamente ambos índices y cómo éstos se relacionan entre sí. Se ha sugerido que estos niveles de seguridad podrían verse usando el concepto de un vaso con agua. A medida que el hospital aumenta su factor de seguridad, el vaso se llenará más, es decir, se reducirá la vulnerabilidad (GAMiD, 2018).

3.4.15. Rango de extremo horizontal

$$\text{Rango} = \text{Extremo horizontal superior} - \text{Extremo horizontal inferior}$$

$$\text{Rango} = 4 - 1$$

$$\text{Rango} = 3$$

Para calcular el índice de seguridad y el índice de vulnerabilidad.

3.4.16. Índice de seguridad

$$\text{Índice de seguridad} = S = \frac{\text{Factor seguridad} - \text{extremo horizontal inferior}}{\text{Rango}}$$

3.4.17. Índice de vulnerabilidad

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = 1 - S = \frac{\text{Extremo horizontal superior} - \text{Factor seguridad}}{\text{Rango}}$$

Finalmente se compara el índice de seguridad con recomendaciones de acuerdo con la tabla 10.

Tabla 10*Recomendaciones generales de intervención*

Índice de seguridad	Clasificación	¿Qué medidas deben tomarse?
0 - 35	C	Se requieren medidas urgentes de manera inmediata, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento no son suficientes para proteger la vida de los pacientes y el personal durante y después de un desastre
0.36 - 0.65	B	Se requieren medidas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento pueden potencialmente poner en riesgo a los pacientes, el personal y su funcionamiento durante y después de un desastre.
0.66 – 1	A	Aunque es probable que el hospital continúe funcionando en caso de desastres, se recomienda continuar con medidas para mejorar la capacidad de respuesta y ejecutar medidas preventivas en el mediano y largo plazo, para mejorar el nivel de seguridad frente a desastres.

Fuente: OMS y OPS (2008).

3.5. Aplicación de los formularios

Al analizar minuciosamente cada una de las estructuras, se destacó que el hospital básico “El Corazón” exhibe un nivel de vulnerabilidad notablemente bajo, lo que motivo su selección como el más crítico en los 17 hospitales evaluados.

Datos de la edificación:**Figura 34***Datos de la edificación-Hospital Básico El Corazón*

DATOS DE LA EDIFICACIÓN:	
Dirección: Provincia: Cotopaxi -Cantón: Pangua - Av. General Enríquez Gallo S/N Y Wenceslao Beltrán	
Nombre de la edificación: Hospital Básico El Corazón	
Sitio de referencia: Vía principal a la parroquia de El Corazón	
Tipo de uso: Servicio de emergencia	Fecha de evaluación: 2023 - Mar - 31
Año de construcción: 1973	Año de Remodelación: 2008 aproximado, 2010 aproximado
Área Construida (m2): 1390,85	Número pisos: 2

Elaborado por: Los autores, 2024.

Dirección:

Este dato lo tenemos gracias a la matriz de información brindada por la página web GeoSalud, donde se nos indica: “AV. GENERAL ENRIQUEZ GALLO S/N Y WENCESLAO BELTRAN”, el dato se verificó al llegar al establecimiento.

Nombre de la edificación:

Algunos hospitales tienen nombre de un personaje celebre, pero en su mayoría los nombres corresponden al cantón que atiende el hospital.

Sitio de referencia:

Este parámetro debe verse in situ, y debe ayudar con la ubicación del hospital.

Tipo de uso:

Todas las edificaciones pertenecen a Servicio de emergencia por ser casas de salud.

Año de construcción:

Fue dado por el personal del hospital

Año de remodelación:

Las instalaciones cuentan con 2 grandes intervenciones, la lavandería aproximadamente en el 2008 y la de consultorios (2 pisos) que se realizó aproximadamente en 2010.

Área construida:

El área de construcción se tomará en cuenta tanto el hospital original como sus ampliaciones, es decir no se considerarán edificios no adyacentes, tal como el nuevo edificio administrativo donde también funciona la farmacia.

Número de pisos:

Debido a la última intervención en la edificación, esta es de dos plantas.

Datos del profesional:

Figura 35

Datos del profesional-Hospital Básico El Corazón

DATOS DEL PROFESIONAL:	
Nombre del evaluador:	
Nidia Tasigchana	Alejandro Vaca
C.I.	
1721536579	1722923982
Registro SENECYT	
	N/A

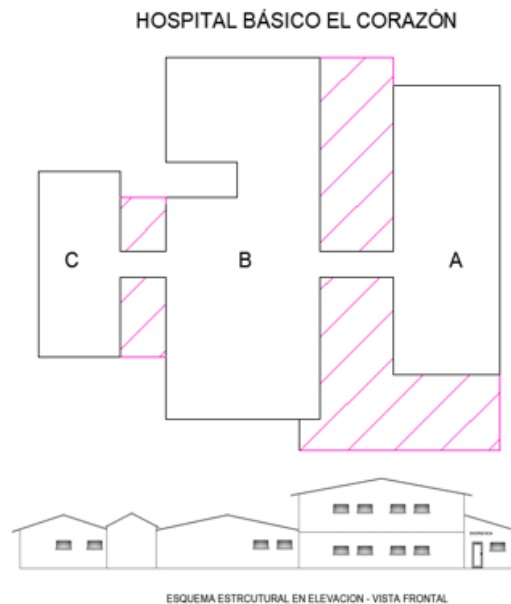
Nota. Esta información es válida para todos los hospitales. Elaborado por: Los autores, 2024.

Se ingresa primer nombre y apellido de los evaluadores, al ser estudiantes al momento de la evaluación no se posee registro de SENECYT por lo que se llena con N/A (no aplica).

Esquema estructural en planta y elevación en la edificación:

Figura 36

Esquema estructural en planta y elevación en la edificación - Hospital Básico El Corazón



Elaborado por: Los autores, 2024.

El esquema presenta una vista frontal del edificio. Podemos observar 3 naves principales A, B y C, conectadas entre sí por un pasillo. Las ampliaciones del establecimiento se dieron en diferentes etapas y con diferentes tipologías estructurales.

Fotografía:

Figura 37

Vista frontal del Hospital Básico El Corazón



Nota. Desde el ángulo que se tomó la fotografía no se puede observar la ampliación

1. Elaborado por: Los autores, 2024.

Aunque en el formulario solo se ocupa una fotografía para identificar la edificación; se hace una revisión de las fotografías tomadas durante la visita para poder tener una mejor visión del estado en el que se encuentra el hospital.

Figura 38

Vista frontal - Hospital Básico El Corazón: Identificación de bloques

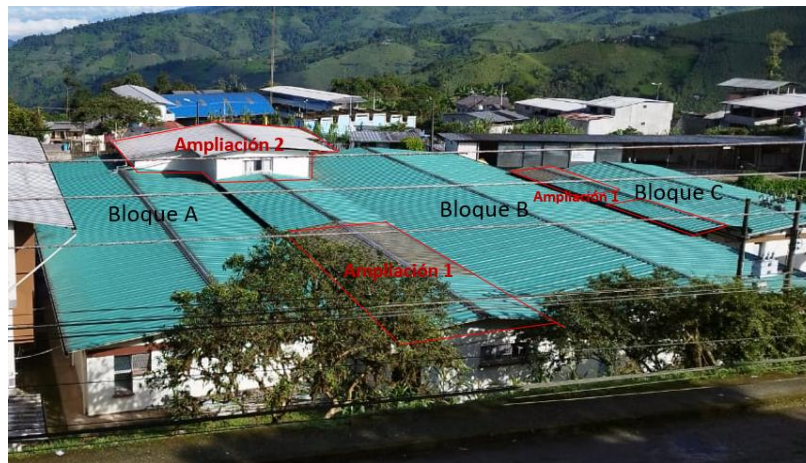


Nota. Desde el ángulo que se tomó la fotografía no se puede observar la ampliación 1.

Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 39

Vista posterior - Hospital Básico El Corazón: Identificación de bloques



Nota. Se identifica a las ampliaciones con color rojo. Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 40

Vista Frontal Bloque C - Hospital Básico El Corazón



Nota. Vista frontal del bloque C, se une al bloque B debido a la ampliación.

Elaborado por: Los autores.

Figura 41

Vista Frontal Bloque B - Hospital Básico El Corazón



Nota. Se puede notar que la ampliación se da dentro del bloque B. Elaborado por:

Los autores.

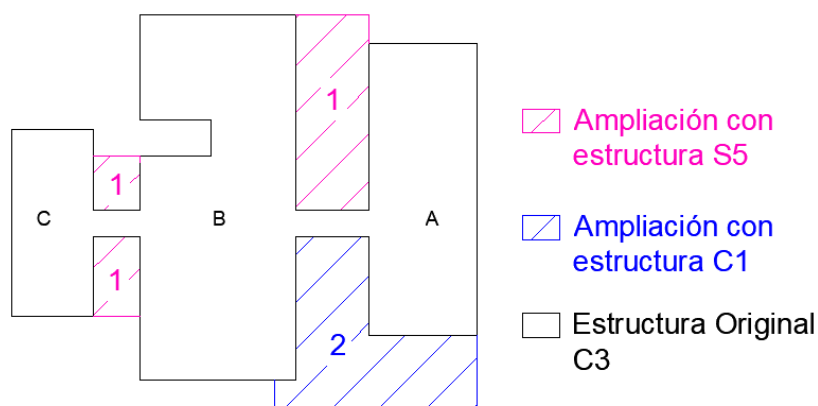
Identificación del Sistema Estructural:

En el hospital podemos observar 3 tipos de sistema estructural, Pórtico de Hormigón Armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3) para la edificación original, Pórtico Acero con paredes de mampostería (S5) para la primera ampliación y Pórtico de Hormigón

Armado (C1) para la segunda ampliación. Por lo que se toma al de menor valor inicial para marcar al formulario, es decir evaluamos como una estructura de tipo C3.

Figura 42

Identificación de ampliaciones



Nota. En la imagen se muestra enumeradas las ampliaciones de acuerdo con el orden cronológico de cuando se hicieron. Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 43

Interior Bloque A - Hospital Básico El Corazón



Nota. En la imagen se puede identificar las vigas de la edificación original.

Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 44

Interior Ampliación 1- Hospital Básico El Corazón



Nota: En la imagen se puede identificar la estructura pórtico acero. Elaborado por:

Los autores, 2024.

Figura 45

Transición Bloque A- Ampliación 2: Hospital Básico El Corazón



Nota. En la imagen se puede identificar la diferencia estructural. Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 46

Vista interior, segunda planta - Hospital Básico El Corazón



Nota. En la imagen se puede identificar las columnas de hormigón armado en la segunda planta. Elaborado por: Los autores, 2024.

Altura de la edificación:

Como se observa en la figura 37, la edificación cuenta con dos plantas, debido a la última ampliación. Por lo que la valoración del formulario por la tipología estructural es de cero.

Irregularidad de la edificación:

Como se muestra en el esquema y se aprecia en las figuras 37 y 38, el inmueble presenta tanto irregularidad en planta como irregularidad vertical. EL formulario penaliza con valores de: -0.5 y 1 por cada irregularidad.

Código de la construcción:

Se marca como pre-código debido a su año de construcción en 1973 ya que a pesar de existir el Código Nacional de Construcción de 1951, este no se ponía en práctica. Siendo sanciona la edificación para su valoración con: -0.2.

Tipo de Suelo

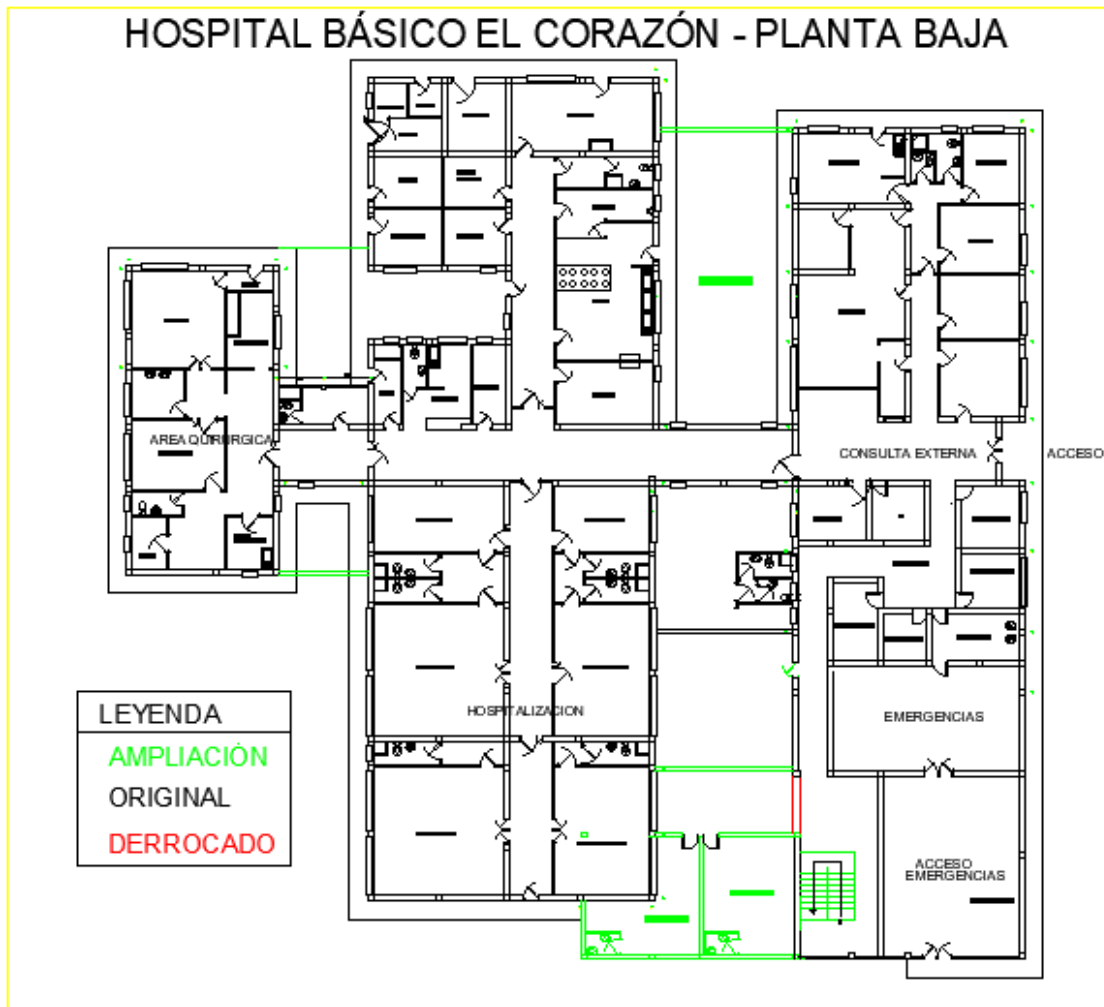
Debido a la falta de estudios geotécnicos en el sector, se asume un tipo de suelo D para este proyecto, por lo que la valoración continúa para este parámetro con: -0.4.

Observaciones:

Se detallan las anomalías que se presente durante la visita.

Figura 47

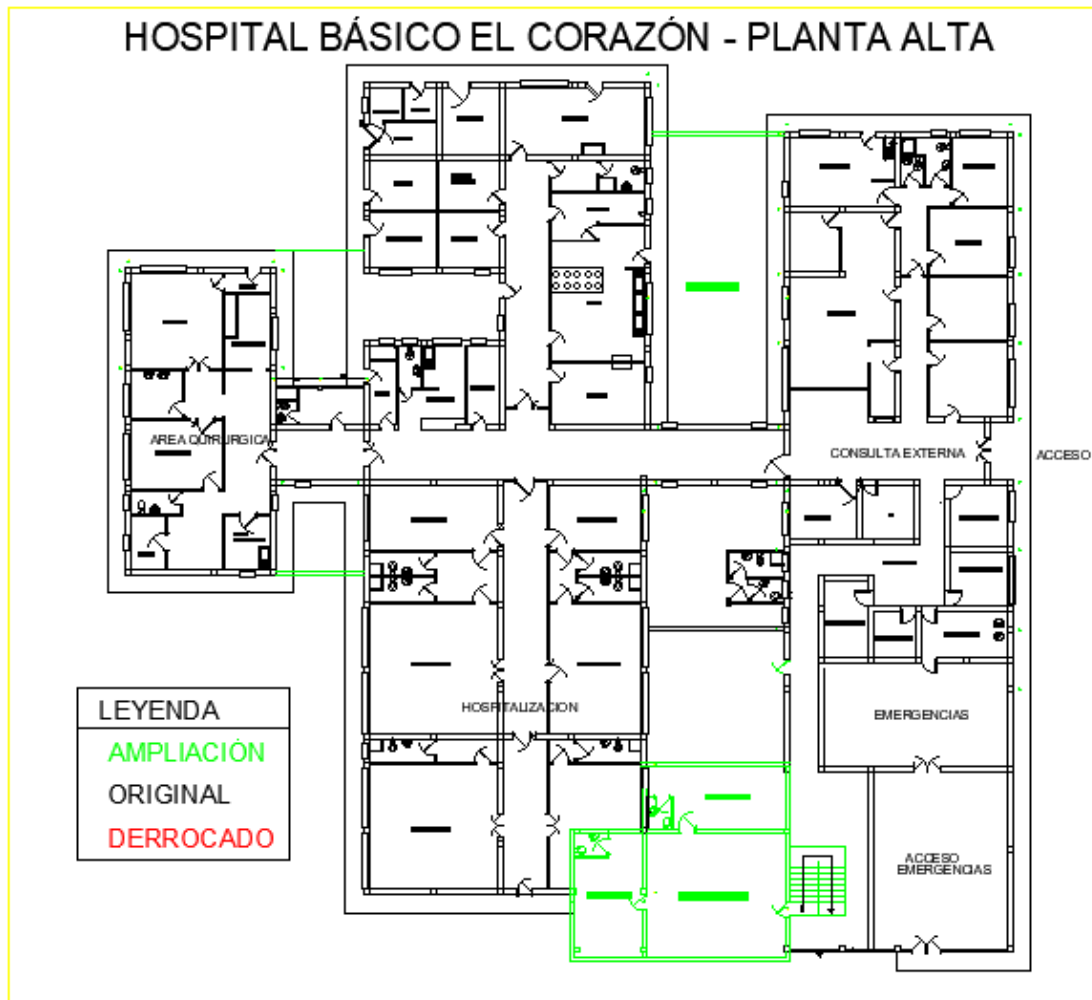
Hospital Básico El Corazón - Planta Baja



Nota. Planta baja del hospital básico “El Corazón” Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 48

Hospital Básico El Corazón - Planta Alta



Nota. Planta alta del hospital básico “El Corazón” Elaborado por: Los autores, 2024.

Puntaje final, S y Grado de vulnerabilidad sísmica:

Se suman todas las celdas que se marcó en la fila correspondiente al sistema estructural, en esta edificación se llega a un valor de: -0.5, por lo que su grado de vulnerabilidad sísmica es de “Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial”.

El formulario completo se encuentra en la parte de anexos.

3.6. Aplicación del ISH

Los formularios de la aplicación de este formulario constan al final de este trabajo como anexos.

Figura 49

Formulario ISH y valoración del Hospital Básico El Corazón

Índice de Seguridad para Instalaciones de Salud Pequeñas

HOSPITAL BÁSICO EL CORAZÓN

2. Aspectos relacionados con la seguridad estructural					
Columnas, vigas, muros, losas y otros, son elementos estructurales que forman parte del sistema de soporte de la edificación. Estos aspectos deben ser evaluados por Ingenieros estructurales.					
2.1 Seguridad debido a antecedentes del establecimiento	CONTROL	Grado de seguridad			OBSERVACIONES
		BAJO	MEDIO	ALTO	
<p>¿El establecimiento ha sufrido daños estructurales? Verificar si existe dictamen estructural que indique que el grado de seguridad ha sido comprometido y en qué nivel. Si no existiera, averiguar si luego de un evento, se presentaron fisuras, asentamientos en la edificación, si se evidenció alteración en su estructura o si no se presentaron daños. SI NO HAN OCURRIDO FENOMENOS NATURALES EN LA ZONA DONDE ESTA EL ESTABLECIMIENTO DE SALUD, NO MARQUE NADA. DEJE ESTA LINEA EN BLANCO. B= Daños mayores; M= Daños moderados; A= Daños menores.</p>	OK			1	
<p>¿El hospital ha sido construido, reparado, remodelado o adaptado afectando el comportamiento de la estructura? Verificar si se han realizado modificaciones que afectaron la instalación. B, remodelaciones o adaptaciones con evidencia de estar mal hechas (p.e. eliminación de un muro portante, construcción de un edificio muy junto, abertura de ventana, etc.); M, remodelaciones o adaptaciones moderadas (p.e. aberturas para puertas y ventanas pequeñas); A, remodelaciones o adaptaciones menores han sido bien hechas (p.e. colocando columnas y/o vigas) o no han sido necesarias.</p>	OK	1			
2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	CONTROL	Grado de seguridad			OBSERVACIONES
		BAJO	MEDIO	ALTO	
<p>¿En qué estado se encuentra la edificación? Verificar pérdida de recubrimiento, grietas o hundimientos. B, deteriorada por meteorización o exposición al ambiente, con grietas en las zonas de especial cuidado (ver de acuerdo a cada material de construcción) y con evidencia de hundimiento; M, presenta dos de los casos; A, sana, no se observan deterioro, grietas ni hundimientos.</p>	OK			1	
<p>¿Cómo se encuentran los materiales de construcción de la estructura? Verificar si los elementos cuyos materiales se encuentran en mal estado son estructurales. B, oxidada con escamas o grietas mayores de 3 mm, agrietamiento diagonal en muros, deformaciones perceptibles en elementos de acero/madera o falta de elementos en conexión, pérdida de sección; M, grietas entre 1 y 3 mm u óxido en forma de polvo, grietas diagonales incipientes en muro o, falta de algunos elementos en conexiones de estructuras en acero y madera; A, grietas menores a 1 mm y no hay óxido en el concreto, grietas mínimas en los muros, deformaciones imperceptibles en elementos de acero y madera.</p>	OK			1	
<p>¿Existe interacción de los elementos no estructurales con la estructura? Verificar si: las ventanas ocasionan columnas cortas; hay tuberías que cruzan de forma rígida juntas de dilatación; existe un peso de forma puntual (p.e. un tanque de agua) sobre un elemento estructural de la edificación, etc. B, se presentan dos o más de estos casos, o similares; M, se presenta sólo uno de estos casos o similares; A, no se presenta ninguno de estos casos ni similares.</p>	OK			1	
<p>¿Los edificios están juntos o muy próximos? Verificar el espacio de separación entre el establecimiento y el edificio vecino. B, los edificios están unidos o presentan una separación menor de 25 mm (1 pulgada); M, la separación entre edificios es de 50. a 75 mm (2 a 3 pulgadas); A, la separación entre edificios es de más de 100 mm (4 pulgadas).</p>	OK			1	

<p>¿Existe redundancia en la estructura del establecimiento? <i>Verificar las líneas de resistencia, considerando pórticos, muros portantes, ejes de columnas y vigas, entre otros. B, menos de tres líneas de resistencia en cada dirección; M, tres líneas de resistencia en cada dirección o líneas con orientación no ortogonal; A, más de tres líneas de resistencia en cada dirección ortogonal del edificio.</i></p>	OK			1		
<p>¿Cómo se encuentran las conexiones del edificio? <i>Verificar el estado de las uniones entre elementos estructurales, identificando fisuras en los nudos o desprendimiento de materiales en esa zona. B, conexiones en mal estado; M, conexiones en estado regular; A, conexiones en buen estado.</i></p>	OK		1			
<p>¿Cómo se encuentra la seguridad de los cimientos? <i>Evaluar el estado de la cimentación. Si se dispone de planos, verificar material empleado y profundidad, e identificar evidencias de hundimiento, fisuras en los pisos y posible asentamiento. Si no se cuenta con ellos, asumir un nivel bajo de seguridad. B, si es de piedra o no se sabe; M, si es de concreto, tiene una profundidad menor a 0.60 m y hay evidencia de afectación; A, si es de concreto, tiene una profundidad mayor a 0.60 m y no hay evidencias de afectación.</i></p>	OK			1		
<p>¿Existen irregularidades en planta? <i>Verificar la forma de la edificación, que la estructura sea uniforme (p.e. se respeten juntas sísmicas, no hayan patios al interior del edificio, las columnas y elementos portantes conserven ejes, etc.) y la presencia de elementos que pueden causar torsión (p.e. tanques de agua ubicados a un extremo de la cubierta). B, se presentan las tres o por lo menos dos de las opciones (formas no regulares, estructura no uniforme en la planta o presencia de elementos que pueden causar torsión); M, se presenta una de las opciones; A, no se presenta alguna de las opciones.</i></p>	OK		1			
<p>¿Se presentan irregularidades en elevación? <i>Identificar la presencia de discontinuidad (p.e. diferentes materiales de construcción empleados en los diferentes niveles, que el segundo piso sobre sale del primero, etc.); masas concentradas (p.e. tanques de agua ubicados sobre el techo); pisos blandos (p.e. pisos de diferente altura ya sea por lobby, parqueo, sala de espera) ó columnas cortas. B, se presentan las tres por lo menos dos de las opciones (el edificio presenta discontinuidad, masas concentradas, pisos blandos y columnas cortas); M, se presenta aunque sea una de las alternativas; A, no se presenta ninguna de las opciones.</i></p>	OK		1			
<p>¿La edificación contempla la adecuación de la estructura a otros fenómenos naturales? <i>De acuerdo a las orientaciones del capítulo previo (Ubicación geográfica) y a las medidas de prevención o mitigación que hayan sido implementadas, verificar la capacidad del establecimiento en su conjunto, para enfrentar las diferentes amenazas a las que se encuentra expuesto. B, alta vulnerabilidad estructural frente a las amenazas presentes en la zona donde está ubicado el establecimiento; M, vulnerabilidad estructural media; A, baja vulnerabilidad estructural.</i></p>	OK			1		
TOTAL ESTRUCTURAL		0	1	3	8	12

Categoría	Alta probabilidad de no funcionar	Probablemente funcione	Alta probabilidad de funcionar	Total
Estructural	17,50	11,25	71,25	100

Ponderación horizontal		Factores de Seguridad
Alta probabilidad de no funcionar	1	0,18
Probablemente funcione	2	0,23
Alta probabilidad de funcionar	4	2,85

Extremo horizontal inferior

Extremo horizontal superior

Factor de seguridad final: 3,25

$$\begin{aligned} \text{Rango} &= \text{Extremo horizontal superior} - \text{Extremo horizontal inferior} = 4 - 1 = 3 \\ \text{Indice de seguridad} &= S = \frac{\text{Factor seguridad} - \text{extremo horizontal inferior}}{\text{Rango}} = 0,75 \\ \text{Indice inseguridad} &= 1 - S = \frac{\text{Extremo horizontal superior} - \text{Factor seguridad}}{\text{Rango}} = 0,25 \end{aligned}$$

Clasificación del establecimiento de salud: A

Nota. Aplicación del formulario para estimación del ISH Fuente: OPS y OMS, (2018).

3.7. Planos

Estos planos deberán reflejar de manera precisa la geometría y distribución de las edificaciones, incorporando cualquier remodelación realizada a lo largo del tiempo, con el propósito de ofrecer una representación fidedigna del estado actual de dichas estructuras. Se han realizado planos de las 10 estructuras pertenecientes a Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo, estos se encuentran como anexos al final del trabajo.

3.8. Resultados

A continuación, se proporciona un resumen detallado de los resultados recopilados a través de los formularios utilizados NEC 15, así como en el Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH) aplicados en los 17 hospitales básicos.

Tabla 17

Resultados: Formulario de Evaluación Visual Rápida

Hospital Básico	Tipología estructural	Altura de la edificación	Número de pisos	Irregularidad		Código de la construcción	Tipo de suelo	S	Vulnerabilidad
				vertical	en planta				
Hospital Básico de Atuntaqui	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Baños	(C1) Pórtico Hormigón Armado	Baja (<4 pisos)	2	no	no	Post código	D	3,3	Baja vulnerabilidad
Hospital Básico de Cayambe	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Cotacachi	(C1) Pórtico Hormigón Armado	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,2	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial

Hospital Básico de El Ángel	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de El Corazón	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	2	si	si	Pre-código	D	-0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Machachi	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Nanegalito	(C1) Pórtico Hormigón Armado	Baja (<4 pisos)	2	no	si	Etapas de transición	D	1,4	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Otavalo	(URM) Mampostería sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	2	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Pelileo	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Píllaro	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial

Hospital Básico de Pujilí	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	2	si	si	Pre-código	D	-0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Salcedo	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	2	si	si	Pre-código	D	-0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de San Gabriel	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Sangolquí	(C3) Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	Baja (<4 pisos)	1	no	si	Pre-código	D	0,5	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
Hospital Básico de Sigchos	(C1) Pórtico Hormigón Armado	Baja (<4 pisos)	2	no	si	Post código	D	2,8	Baja vulnerabilidad
Hospital Básico de Yaruqui	(C1) Pórtico Hormigón Armado	Baja (<4 pisos)	3	no	si	Post código	D	2,8	Baja vulnerabilidad

Nota. Resumen de los formularios de Evaluación Visual Rápida. Elaborado por: Los autores, 2024.

Tabla 18

Resultados: Índice de Seguridad Hospitalaria

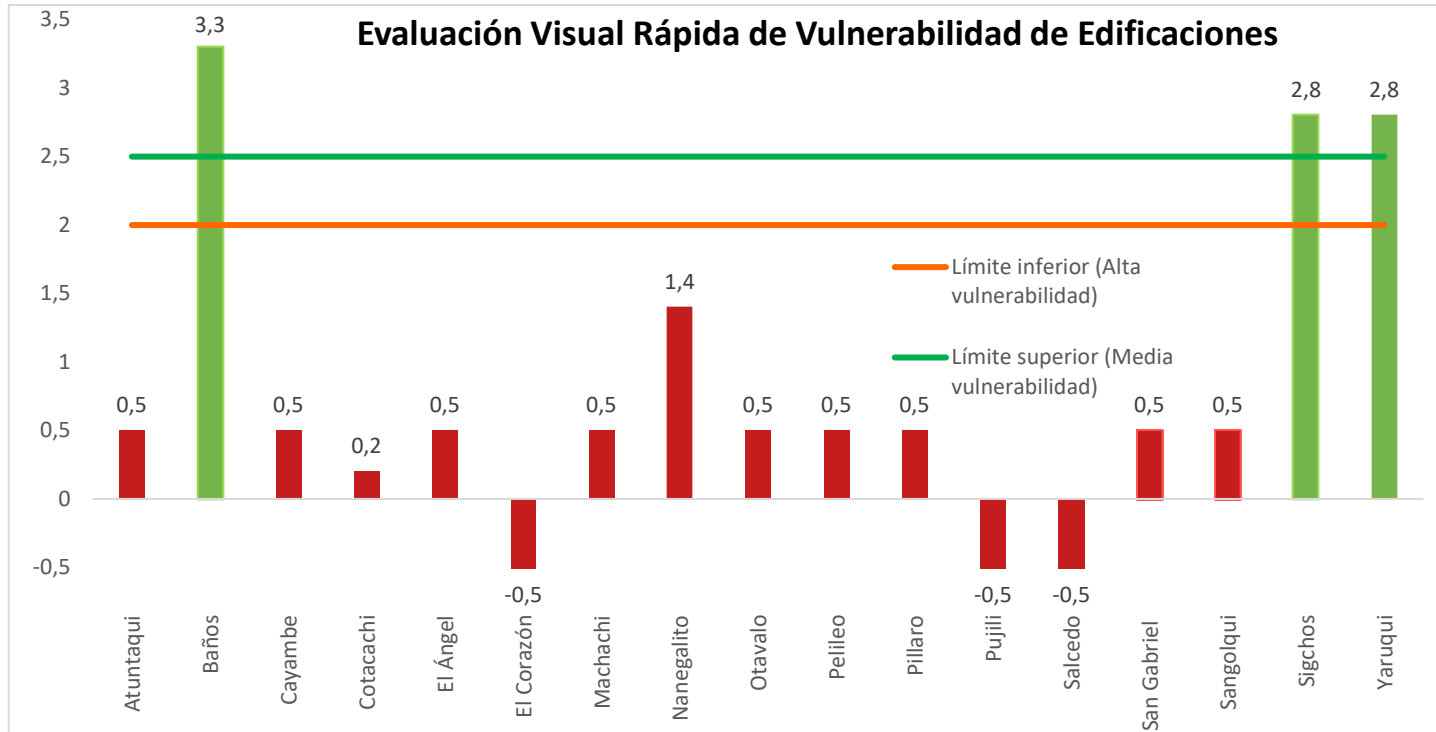
Hospital Básico	2.1 Seguridad debido a antecedentes del establecimiento		2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.										ISH	IVH	Categoría
	¿El establecimiento ha sufrido daños estructurales?	¿El hospital ha sido construido, reparado, remodelado o adaptado afectando el comportamiento de la estructura?	¿En qué estado se encuentra la edificación?	¿Cómo se encuentran los materiales de construcción de la estructura?	¿Existe interacción de los elementos no estructurales con la estructura?	¿Los edificios están juntos o muy próximos?	¿Existe redundancia en la estructura del establecimiento?	¿Cómo se encuentran las conexiones del edificio?	¿Cómo se encuentra la seguridad de los cimientos?	¿Existen irregularidades en planta?	¿Se presentan irregularidades en elevación?	¿La edificación contempla la adecuación de la estructura a otros fenómenos naturales?			
Atuntaqui	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,88	0,12	A
Baños	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	0,9	0,1	A
Cayambe	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,9	0,1	A
Cotacachi	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	0,83	0,17	A
El Ángel	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,86	0,14	A
El Corazón	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	0,75	0,25	A

Machachi	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	0,85	0,15	A
Nanegalito	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,95	0,05	A
Otavalo	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,95	0,05	A
Pelileo	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	0,76	0,24	A
Pillaro	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,88	0,12	A
Pujili	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	0,85	0,15	A
Salcedo	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	0,85	0,15	A
San Gabriel	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,88	0,12	A
Sangolqui	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,76	0,24	A
Sigchos	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	0,98	0,02	A
Yaruqui	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	1	0	A

Nota. Resumen de los formularios de Índice de Seguridad Hospitalaria *Fuente:* Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 50

Resultados: Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad de Edificaciones

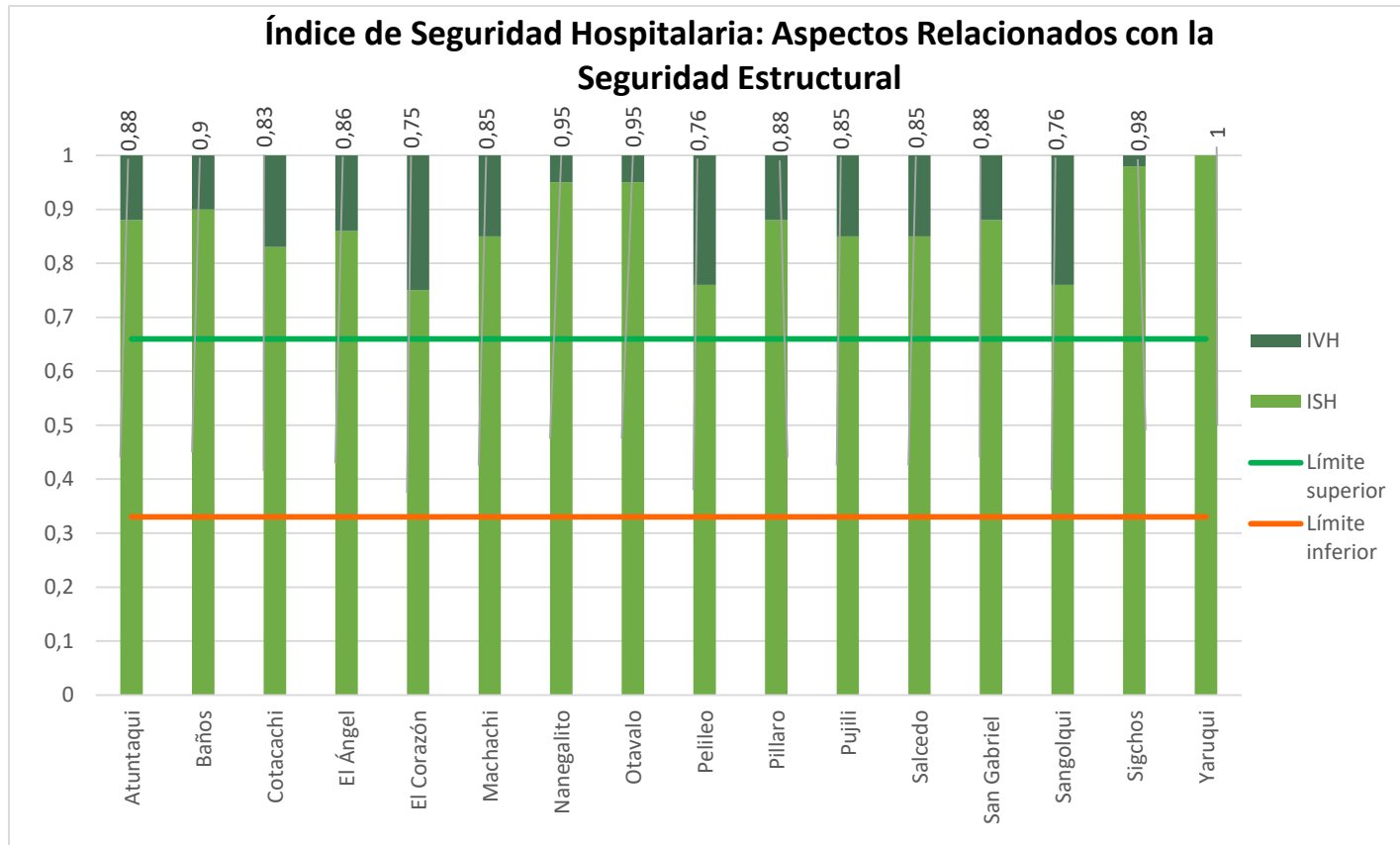


Nota. Las líneas horizontales representan los límites de para cambiar de categoría (Alta, media y baja vulnerabilidad). Elaborado por:

Los autores, 2024.

Figura 51

Índice de Seguridad Hospitalaria: Aspectos relacionados con la seguridad estructural



Nota. Las líneas horizontales representan los límites de para cambiar de categoría (A, B y C). Elaborado por: Los autores, 2024.

CAPÍTULO IV

MODELACION

4. Modelación de la estructura

A continuación, se expone el modelo del hospital básico “El Corazón”, el cual exhibe una vulnerabilidad considerable. La intervención de este análisis es confirmar la precisión de la información consignada en los formularios.

4.1. Definición de materiales

Los materiales fueron identificados a través de la observación durante la inspección de los hospitales, mediante la detección de pequeñas fisuras que posibilitaron la evaluación del tipo de material. Con el objetivo de lograr que la modelación reproduzca un comportamiento similar o prácticamente idéntico al observado en la realidad.

Tabla 19

Peso unitario de los materiales

Material	Peso Unitario (kgf/m3)	Referencia
Hormigón	2100	(NEC, 2015)
Mampostería	1000	(NEC, 2015)
Fluencia del acero	4200	(NEC, 2015)
Perfiles de acero A36	7849,05	(NEC, 2015)

Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 52

Definición de peso unitario del hormigón

The screenshot shows the 'Material Properties' dialog for concrete. The 'General Data' section includes: Material Name (f_c=210 kg/cm²), Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (magenta), and Material Notes (Modify/Show Notes...). The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with Weight per Unit Volume (2402.77 kgf/m³) and Mass per Unit Volume (245.014 kgf-s²/m⁴). The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E (2174568000 kgf/m²), Poisson's Ratio, U (0.2), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000099 1/C), and Shear Modulus, G (906070000 kgf/m²). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The 'Modulus of Rupture for Cracked Deflections' section has 'Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)' selected.

Nota. Creación del material de hormigón Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Figura 53

Definición de peso unitario del acero

The screenshot shows the 'Material Properties' dialog for rebar. The 'General Data' section includes: Material Name (f_y=4200 kg/cm²), Material Type (Rebar), Directional Symmetry Type (Uniaxial), Material Display Color (yellow), and Material Notes (Modify/Show Notes...). The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with Weight per Unit Volume (7849.05 kgf/m³) and Mass per Unit Volume (800.38 kgf-s²/m⁴). The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E (20389019158 kgf/m²) and Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000117 1/C). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The 'Modulus of Rupture for Cracked Deflections' section is not visible in this screenshot.

Nota. Creación del material de acero Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Figura 54

Definición de peso unitario para perfiles de acero A36

General Data	
Material Name	ACERO PERFILES A36
Material Type	Steel
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	Red
Material Notes	

Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	7849.05 kgf/m³
Mass per Unit Volume	800.38 kgf·s³/m⁴

Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	20389019158 kgf/m²
Poisson's Ratio, U	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000117 1/C
Shear Modulus, G	7841930445 kgf/m²

Design Property Data	
Modify/Show Material Property Design Data...	

Advanced Material Property Data	
Nonlinear Material Data...	Material Damping Properties...
Time Dependent Properties...	

Nota. Creación del material para perfiles de acero A36 Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Mampostería

Para determinar el módulo de elasticidad de la mampostería, se requiere considerar el valor de resistencia a la compresión del ladrillo, utilizando la ecuación propuesta por la NEC. Este valor se lo obtiene a través de ensayos, ya que la normativa ecuatoriana no especifica un valor particular. Se recurrió al trabajo de titulación de Ambato titulado “Análisis comparativo de la resistencia a compresión de ladrillos tradicionales y ladrillos elaborados a base de lodos de la planta de tratamiento de agua potable de la red Casigana, como sustituto parcial de la arcilla” (Reinoso, 2017) para obtener apoyo en el proceso.

$$E_m = 750 * f'_m$$

Figura 55

Definición de peso unitario para mampostería

Nota. Creación del material de mampostería Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

4.2. Definición de secciones

La definición de las dimensiones de cada sección de la estructura se llevó a cabo mediante inspecciones detalladas en cada uno de los hospitales. Debido a la uniformidad de la configuración, se estableció que las columnas tienen dimensiones de 30x30cm y las vigas de 40x30cm; se tomó en cuenta una losa de 20cm, ya que en este hospital se pudo constatar una modificación en la estructura donde se evidencia un bloque de 2 pisos. La información sobre la cercha se obtuvo a partir de antiguos planos proporcionados por el hospital básico “El Ángel”.

Figura 56

Definición de sección - columna

Nota. Creación de la sección de columna de hormigón Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Figura 57

Definición de sección - viga

General Data

Property Name: VIGA 30x40

Material: Fe210 kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.4 m

Width: 0.3 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area: I

Shear Area in 2 direction: 1

Shear Area in 3 direction: 1

Torsional Constant: 1

Moment of Inertia about 2 axis: 1

Moment of Inertia about 3 axis: 1

Mass: 1

Weight: 1

OK

Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: $f_y=4200$ kg/cm2

Confinement Bars (Ties): $f_y=4200$ kg/cm2

Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid

Top Bars: 0.06 m

Bottom Bars: 0.06 m

Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams

Top Bars at I-End: 0 m²

Top Bars at J-End: 0 m²

Bottom Bars at I-End: 0 m²

Bottom Bars at J-End: 0 m²

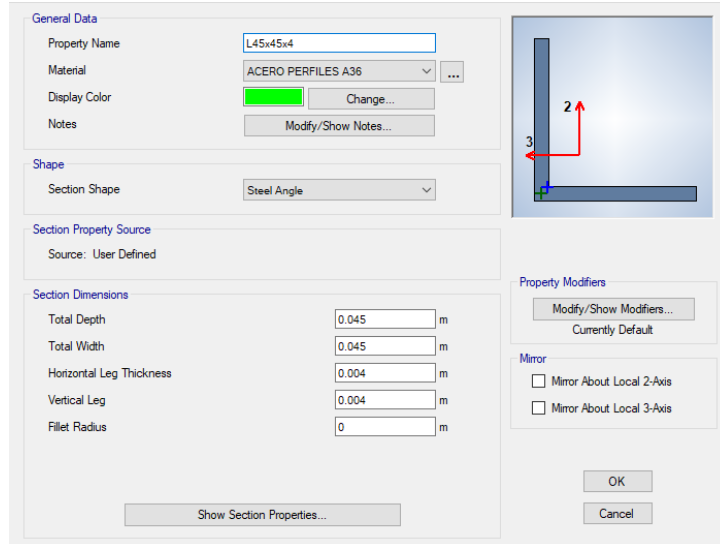
OK

Cancel

Nota. Creación de la sección viga de hormigón Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Figura 58

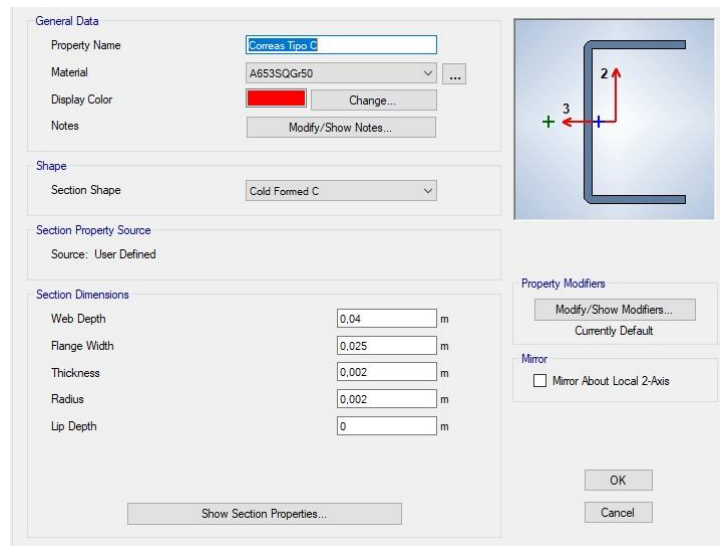
Definición de sección tipo L



Nota. Creación de la sección de acero tipo L Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Figura 59

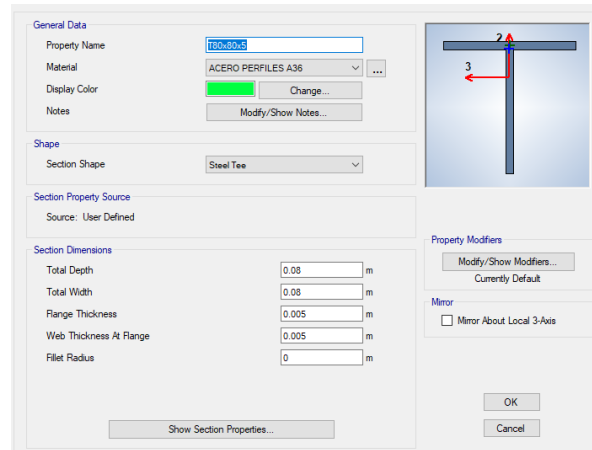
Definición de sección tipo C



Nota. Creación de la sección de acero tipo C Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Figura 60

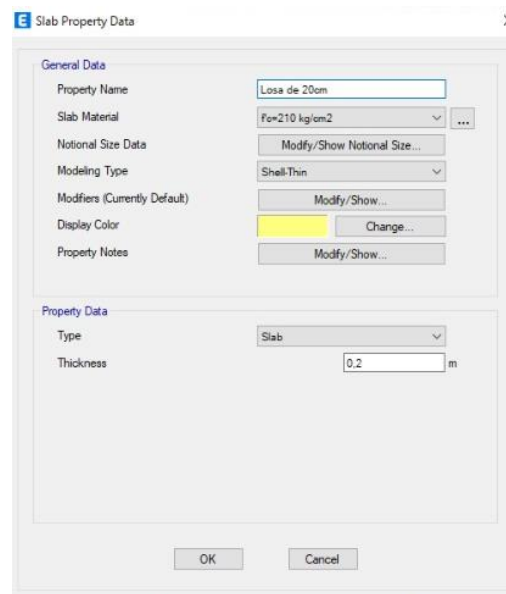
Definición de sección tipo T



Nota. Creación de la sección de acero tipo T Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Figura 61

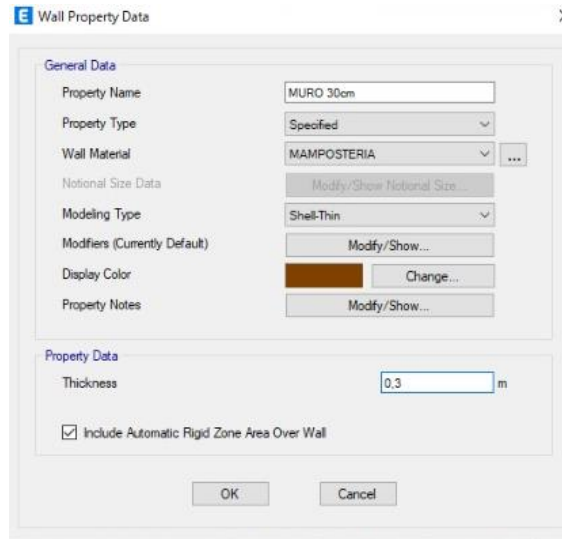
Definición de losa de 20cm



Nota. Creación de losa de 20cm Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Figura 62

Definición para muro de mampostería de 30cm



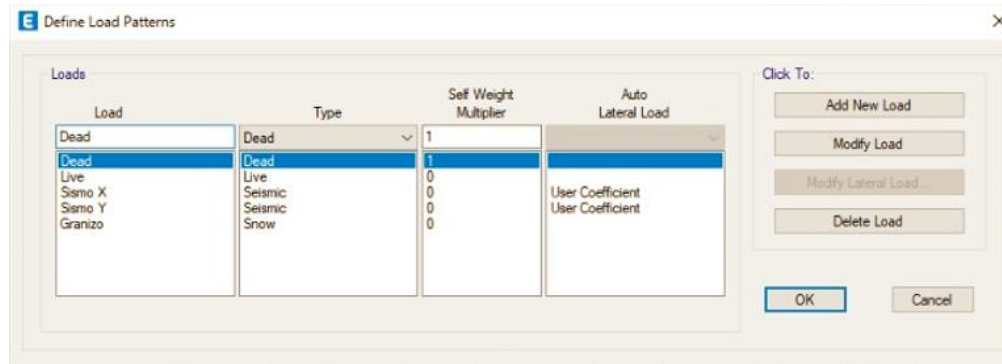
Nota. Creación del muro de 30cm Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

4.3. Definición de cargas

Se tomó en cuenta diversas consideraciones, como la carga muerta, que será determinada por el propio programa, así como la carga viva y de granizo. Del mismo modo que se definió el sismo a la cual la estructura estará expuesta por su ubicación geográfica.

Figura 63

Definición de cargas



Nota. Definición de carga muerta, viva, sismo y granizo Elaborado por: Los autores a través de ETABS, 2024.

Carga sísmica

La carga referida se origina a partir del cálculo del cortante basal de diseño, siguiendo las pautas establecidas en la NEC-SE-DS (Peligro sísmico, 2015). Asimismo, se desarrolló el espectro de diseño conforme a las recomendaciones de la NEC-15. El procedimiento seguido fue el siguiente:

Coefficiente de importancia I

Tabla 20

Coefficiente de importancia I

Categoría	Tipo de uso, destino de importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias.	1.5
	Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	

Nota. Sección 4.1 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R

Nuestro coeficiente de resistencia, representado por la letra R, es 3. Esta asignación se fundamenta en el conocimiento de la tipología de construcción específica que caracteriza a los hospitales básicos en Ecuador, siendo en este caso de mampostería confinada.

Tabla 21

Ductilidad y factor de reducción

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos	3

Nota. Sección 6.3.4 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

Zona Sísmica y Factor de zona Z

Por la ubicación de donde se encuentra el hospital básico “El Corazón”, se lo puede definir a lo establecido en la NEC 15 por la siguiente tabla:

Tabla 22

Zona sísmica y Factor de zona Z

Zona sísmica	I	II	LII	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Nota. Sección 3.2.1 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

Geología local

El tipo de suelo que se pudo evidenciar en situ fue tipo D

Tabla 23

Geología local

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$

Nota. Sección 3.1.1 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

Coefficiente de amplificación del suelo Fa

El coeficiente de amplificación del suelo es de 1,3 como se muestra en la tabla

Tabla 24

Coefficiente de amplificación del suelo Fa

Tipo de perfil	Zona sísmica y factor Z					
del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,5
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12

Nota. Sección 3.2.2 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

Factor de amplificación Fd

Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca $F_d = 1,36$

Tabla 25

Factor de amplificación Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,5
D	1,63	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11

Nota. Sección 3.2.2 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015).

Comportamiento no lineal de los suelos Fs

Tabla 26

Comportamiento no lineal de los suelos Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,5
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4

Nota. Sección 3.2.2 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015)

Factor r

Por la ubicación de donde se encuentra ubicada la edificación, el cual el tipo de suelo es D, su valor de $r = 1$.

Factor η

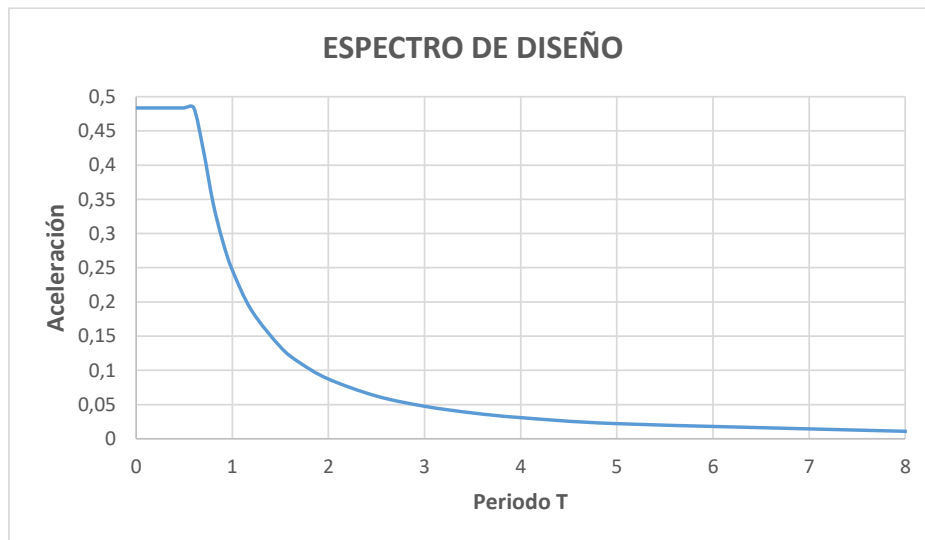
Se empleó un factor de amplificación espectral de 2,48 para la roca al calcular el valor correspondiente de la ciudad de “El Corazón”, perteneciente a las provincias de la Sierra.

Espectro de diseño NEC-15

Siguiendo el procedimiento mencionado anteriormente y tomando en consideración las recomendaciones de la NEC-SE-DS, se pudo estimar el espectro de diseño.

Figura 64

Espectro de diseño del hospital básico “El Corazón”



Elaborado por: Los autores, 2024.

Tabla 27*Expresiones del Espectro de diseño*

Simbología	Definición
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado
F_a	Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_d	Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_s	Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
T	Período fundamental de vibración de la estructura
T_o	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
T_c	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015)

Calculo para la determinación del periodo de vibración – Método 1

Configuración Estructural

Tabla 28

Configuración Estructural

Tipo de estructura	Ct	α
Estructuras de acero		
Sin arrostros	0,072	0,8
Con arrostros	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. Sección .3.3 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015)

Altura máxima de la estructura

La altura que existe en cada una de las edificaciones es de $h = 2,9\text{m}$

Periodo fundamental de la estructura

Para determinar el valor T se lo calcula mediante la siguiente ecuación, tomando en consideración los parámetros anteriores. $T = 0,1622$

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Periodo límite de vibración

En el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño T_o = 0,116. Se lo calcula mediante la siguiente expresión

$$T_o = 0.10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Periodo límite de vibración

En el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño T_c = 0,639

Periodo límite de vibración T_c

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

Espectro de respuesta

Debido a que el periodo T es mayor que el coeficiente T_c , para el cálculo del espectro de respuesta, se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$S_a = \eta * Z * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

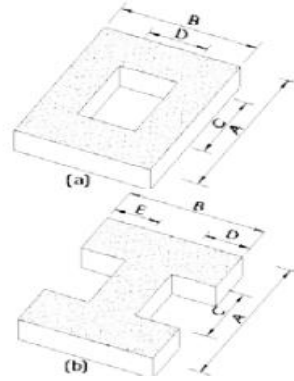
Para nuestro proyecto nos da, $S_a = 0,9672$.

Factor de irregularidad

Por lo expuesto en la siguiente tabla, se puede evidenciar que no presenta ningún tipo de irregularidad en planta

Tabla 29

Factor de irregularidad

Tipo	Ilustración
<p>Tipo3.- Discontinuidades en el sistema de piso</p> <p>$\phi P_i = 0.9$</p> <p>a) $C_x D > 0.5 A_x B$</p> <p>b) $[C_x D + C_x E] > 0.5 A_x B$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o 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 sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	

Nota. Sección 5.2.2 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015)

Coefficiente de irregularidad en elevación

Por la geometría que presentan las estructuras, se evidencia que este presenta una irregularidad geométrica tipo 3, ya que cumple con lo expuesto en la siguiente tabla.

Tabla 30

Coefficiente de irregularidad en elevación

Tipo	Ilustración
<p>Tipo 3.- Irregularidad geométrica</p> <p>$\phi E_i = 0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	

1. Irregularidad en Planta	$\phi P =$	1
----------------------------	------------	---

2. Irregularidad en elevación	$\phi E =$	1
-------------------------------	------------	---

a	>	1.3b	
12	>	7,15	Irregularidad en Elevación
15	>	9,1	Irregularidad en Elevación

Nota. Sección 5.2.2 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015)

Cálculo de cortante basal

La NEC-SE-DS recomienda que para nivel de cargas ultimas de cortante basal de diseño, se lo expresa de la siguiente manera:

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

Tabla 31*Expresiones utilizadas para el cortante basal*

S	Espectro de diseño en aceleración; [3.3.2]
ϕ_P y ϕ_E	Coefficientes de configuración en planta y elevación; 5.3]
I	Coefficiente de importancia; [4.1]
R	Factor de reducción de resistencia sísmica; [6.3.4]
V	Cortante basal total de diseño
W	Carga sísmica reactiva; [6.1.7]
Ta	Período de vibración; [6.3.3]

Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015)

En nuestro proyecto el resultado para el cortante basal sea $V = 0,4836 W$

Combinaciones de carga

Para la combinación de carga, la NEC 15 establece una serie de combinaciones básicas las cuales se la presenta a continuación:

Tabla 32*Combinación de carga*

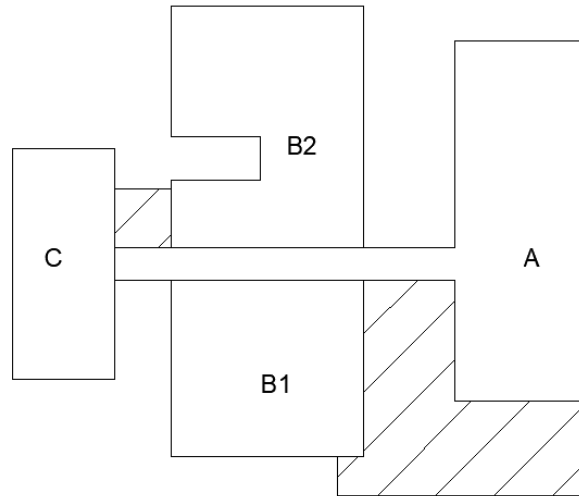
N°	Combinación
1	1.4 D
2	1.2 D + 1.6 L + 0.5max[Lr ; S ; R]
3	1.2 D + 1.6 max [Lr ; S ; R]+ max [L ; 0.5W]
4	1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max [Lr ; S ; R]
5	1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
6	0.9 D + 1.0 W
7	0.9 D + 1.0 E

Nota. Sección 3.4.3 Elaborado por: Los autores y modificado de la (NEC-SE-DS (Peligro Sísmico), 2015)

4.4. Configuración y distribución del hospital básico “El Corazón”

Figura 65

Distribución del hospital básico “El Corazón”

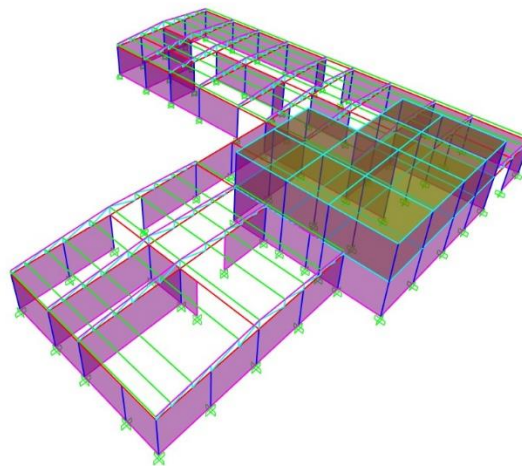


Elaborado por: Los autores, 2024.

4.5. Vista en planta y 3D de la edificación por medio del programa ETABS

Figura 66

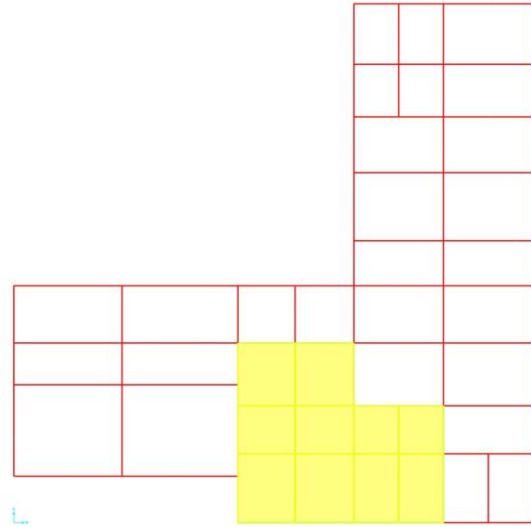
Vista en 3D del bloque A y B1



Nota. Captura tomada del programa ETABS Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 67

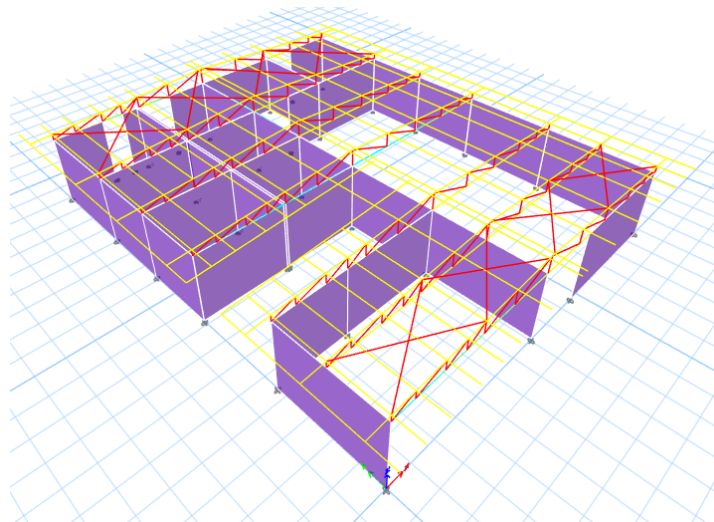
Vista en planta del bloque A y B1



Nota. Captura tomada del programa ETABS Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 68

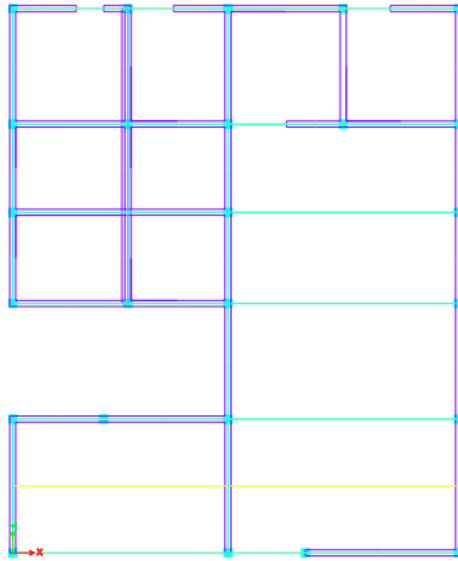
Vista en 3D del bloque B2



Nota. Captura tomada del programa ETABS Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 69

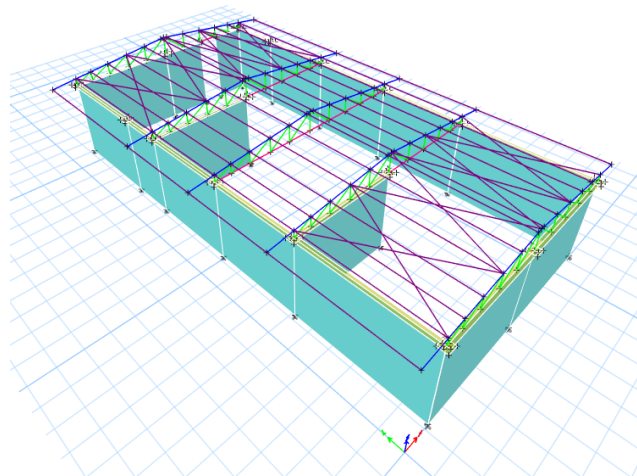
Vista en planta del bloque B2



Nota. Captura tomada del programa ETABS Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 70

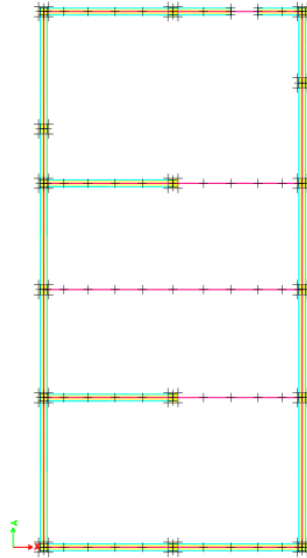
Vista en 3D del bloque C



Nota. Captura tomada del programa ETABS Elaborado por: Los autores, 2024.

Figura 71

Vista en planta del bloque C



Nota. Captura tomada del programa ETABS Elaborado por: Los autores, 2024.

4.6. Resultados modelación

Como se puede constatar mediante la evaluación de cada bloque del hospital utilizando el modelo matemático ETABS, se observa que todos cumplen adecuadamente con su participación modal, demostrando una rigidez significativamente superior a la anticipada. Esto se evidencia claramente en la extensión del periodo, que resulta ser mayor de lo inicialmente calculado.

Bloque A-B1

Tabla 33

Periodos del bloque A-B1

Participación Modal	PERIODO												rx+ry+rz	rz/(rx+ry+rz)
		(seg)					Rx	Ry	Rz					
Modal	1	0,607	0,0086	5,599E-07	0,0086	5,6E-07	1,095E-06	0,0143	0,0017	1,1E-06	0,0143	0,0017	0,016	10,62%
Modal	2	0,571	4,26E-06	0,00000145	0,0087	2,01E-06	1,815E-06	7,659E-06	0,0001	2,91E-06	0,0143	0,0018	0,00011	91,35%
Modal	3	0,23	4,01E-06	0,2297	0,0087	0,2297	0,407	5,332E-06	0,002	0,407	0,0143	0,0039	0,40901	0,49%
Modal	4	0,182	0,0001	0,0227	0,0088	0,2524	0,0202	0,0001	0,0816	0,4271	0,0144	0,0855	0,1019	80,08%
Modal	5	0,134	6,21E-06	0,0016	0,0088	0,254	0,0018	1,648E-05	0,0007	0,4289	0,0144	0,0862	0,00252	27,82%
Modal	6	0,125	0,0002	0,0001	0,0089	0,2541	0,0001	0,0002	0,0007	0,429	0,0146	0,0869	0,001	70,00%
Modal	7	0,11	2,45E-06	0,0158	0,0089	0,2699	0,012	2,65E-06	0,0033	0,441	0,0146	0,0901	0,0153	21,56%
Modal	8	0,104	0,0001	0,0138	0,0091	0,2837	0,0096	0,0002	0,0009	0,4506	0,0148	0,0911	0,0107	8,41%
Modal	9	0,102	0,0008	0,0059	0,0099	0,2896	0,0014	0,0014	0,0359	0,4519	0,0162	0,127	0,0387	92,76%

Modal	10	0,098	0,0001	0,0005	0,01	0,2901	0,0008	0,0001	0,0034	0,4528	0,0163	0,1303	0,0043	79,07%
Modal	11	0,084	0	0,0001	0,01	0,2903	0,0001	3,463E-06	0,0047	0,4528	0,0164	0,1351	0,0048	97,85%
Modal	12	0,082	0,0001	0,0001	0,0101	0,2903	0,0001	0,0002	0,0031	0,4529	0,0166	0,1381	0,0034	91,18%

Elaborado por: Los autores, 2024

Tabla 34

Periodos del bloque B2

Participación Modal	PERIODO (seg)												rx+ry+rz	rz/(rx+ry+rz)
		Rx	Ry	Rz										
Modal	1	0,187	0,0551	0,0001	0,055	0,0001	0,0001	0,0862	0,0016	0,0001	0,0862	0,0016	0,088	1,82%
Modal	2	0,182	0,0094	0,029	0,065	0,0291	0,0222	0,0119	0,0001	0,0223	0,098	0,0016	0,034	0,29%
Modal	3	0,18	0,014	0,0323	0,079	0,0614	0,0243	0,0149	0,0003	0,0466	0,1129	0,002	0,04	0,76%
Modal	4	0,13	0,002	1,9E-05	0,081	0,0614	1E-05	0,0023	0,011	0,0466	0,1153	0,0129	0,013	82,63%
Modal	5	0,125	0,1384	5,9E-07	0,219	0,0614	4E-06	0,0708	0,0003	0,0466	0,1861	0,0133	0,071	0,42%
Modal	6	0,096	4E-05	0,1072	0,219	0,1686	0,0655	0,0003	4E-05	0,1121	0,1864	0,0133	0,066	0,07%
Modal	7	0,095	0	0,0658	0,219	0,2343	0,0953	0,0002	1E-05	0,2074	0,1865	0,0133	0,096	0,01%
Modal	8	0,094	0,0019	0,0422	0,221	0,2766	0,025	0,0003	0,0026	0,2323	0,1868	0,016	0,028	9,32%
Modal	9	0,093	0,0023	0,0072	0,223	0,2837	0,0065	0,0046	3E-05	0,2388	0,1914	0,016	0,011	0,24%
Modal	10	0,09	0,0015	0,0037	0,225	0,2875	0,0022	6E-06	0,0004	0,241	0,1914	0,0164	0,003	15,35%
Modal	11	0,079	0,4524	0,0001	0,677	0,2876	0,0001	0,03	0,0059	0,2411	0,2213	0,0223	0,036	16,39%
Modal	12	0,074	0,0002	0,041	0,677	0,3286	0,03	8E-06	0,0001	0,2711	0,2213	0,0224	0,03	0,33%

Elaborado por: Los autores, 2024

Tabla 35

Periodos del bloque C

Participación Modal	PERIODO						Rx	Ry	Rz	rx+ry+rz					rz/(rx+ry+rz)
	(seg)														
Modal	1	0,187	0,0551	0,0001	0,0551	0,0001	0,0001	0,0862	0,0016	0,0001	0,0862	0,0016	0,0879	1,82%	
Modal	2	0,182	0,0094	0,029	0,0645	0,0291	0,0222	0,0119	0,0001	0,0223	0,098	0,0016	0,0342	0,29%	
Modal	3	0,18	0,014	0,0323	0,0785	0,0614	0,0243	0,0149	0,0003	0,0466	0,1129	0,002	0,0395	0,76%	
Modal	4	0,13	0,002	0,00001877	0,0805	0,0614	1,184E-05	0,0023	0,011	0,0466	0,1153	0,0129	0,01331	82,63%	
Modal	5	0,125	0,1384	5,88E-07	0,2189	0,0614	3,749E-06	0,0708	0,0003	0,0466	0,1861	0,0133	0,0711	0,42%	
Modal	6	0,096	3,84E-05	0,1072	0,219	0,1686	0,0655	0,0003	4,31E-05	0,1121	0,1864	0,0133	0,06584	0,07%	
Modal	7	0,095	0	0,0658	0,219	0,2343	0,0953	0,0002	1,25E-05	0,2074	0,1865	0,0133	0,09551	0,01%	
Modal	8	0,094	0,0019	0,0422	0,2209	0,2766	0,025	0,0003	0,0026	0,2323	0,1868	0,016	0,0279	9,32%	
Modal	9	0,093	0,0023	0,0072	0,2232	0,2837	0,0065	0,0046	2,65E-05	0,2388	0,1914	0,016	0,01113	0,24%	
Modal	10	0,09	0,0015	0,0037	0,2247	0,2875	0,0022	5,66E-06	0,0004	0,241	0,1914	0,0164	0,00261	15,35%	
Modal	11	0,079	0,4524	0,0001	0,6771	0,2876	0,0001	0,03	0,0059	0,2411	0,2213	0,0223	0,036	16,39%	
Modal	12	0,074	0,0002	0,041	0,6773	0,3286	0,03	8,186E-06	0,0001	0,2711	0,2213	0,0224	0,03011	0,33%	

Elaborado por: Los autores, 2024

En el caso específico del bloque A – B1, donde se llevó a cabo una remodelación incorporando un segundo piso, cabe señalar que esta modificación no fue evaluada por un especialista. Al someterse a un evento sísmico, se evidencia que el bloque no satisface el requisito máximo del 1% estipulado por la NEC 15, como se ilustra a continuación:

Tabla 36

Resultados del sismo del bloque A-B1

Dirección en la cual se produce el sismo	Q elástico (m)	Altura entrepiso (m)	Q inelástico (m)	Deriva %	Deriva max %	Comprobación
Sismo X	0,054767	2,9	0,1232258	4,249%	1%	No cumple
Sismo X	0,055041	2,9	0,1238423	4,270%	1%	No cumple
Sismo X	0,054264	2,9	0,122094	4,210%	1%	No cumple
Sismo X	0,054517	2,9	0,1226633	4,230%	1%	No cumple
Sismo X	0,05408	2,9	0,12168	4,196%	1%	No cumple
Sismo X	0,054325	2,9	0,1222313	4,215%	1%	No cumple
Sismo X	0,054076	2,9	0,121671	4,196%	1%	No cumple
Sismo X	0,054323	2,9	0,1222268	4,215%	1%	No cumple
Sismo X	0,054144	2,9	0,121824	4,201%	1%	No cumple
Sismo X	0,054398	2,9	0,1223955	4,221%	1%	No cumple
Sismo X	0,05433	2,9	0,1222425	4,215%	1%	No cumple
Sismo X	0,054599	2,9	0,1228478	4,236%	1%	No cumple
Sismo X	0,054322	2,9	0,1222245	4,215%	1%	No cumple
Sismo X	0,054645	2,9	0,1229513	4,240%	1%	No cumple
Sismo X	0,054944	2,9	0,123624	4,263%	1%	No cumple
Sismo X	0,054508	2,9	0,122643	4,229%	1%	No cumple
Sismo X	0,054791	2,9	0,1232798	4,251%	1%	No cumple

Elaborado por: Los autores, 2024

CONCLUSIONES

Se obtuvo que, en 10 de los 17 hospitales analizados, el Índice de Seguridad Hospitalaria es Alta (en promedio 0.87 sobre 1), lo que significa que en teoría la edificación podrá funcionar de forma correcta o estable si llegase a acontecer un desastre; sin embargo, el Grado de Vulnerabilidad obtenido es bajo (en promedio 0.95 sobre 5.4), esto implica que la estructura no podrá ser funcional después de algún desastre, por lo tanto, como se puede apreciar los resultados son opuestos, esto se debe a que el Índice de Seguridad Hospitalaria se calculó únicamente utilizando el módulo asociado al apartado estructural, mismo que se enfoca en aspectos muy superficiales a diferencia del Grado de Vulnerabilidad donde se detalla más este apartado.

Se identificó que diez de los hospitales presentan una estructura de pórtico de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo. Esta configuración exhibe una notable capacidad de resistencia, proporcionando una elevada seguridad estructural. Sin embargo, esta fortaleza no se refleja adecuadamente en el grado de vulnerabilidad, ya que el formulario de cálculo contempla dos categorías de estructuras: post código NEC 15 y pre código NEC 15. Este enfoque limitado penaliza a estas estructuras, a pesar de haber sido diseñadas conforme a la norma de construcción italiana realizada por un arquitecto de dicho país.

Por los planos conseguidos de distintos hospitales, se determinó que la cimentación de estas estructuras es de tipo Zapata Corrida, esto permite que la edificación posea una mayor estabilidad, permitiendo la existencia en esta de muros portantes.

Generada la base de datos, se espera que futuros compañeros continúen con este trabajo para tener una actualización de todos los hospitales básicos del Ecuador, y a su vez evidenciar si estas necesitan una intervención estructural por presentar un grado de vulnerabilidad alto.

Al realizar la modelación de la estructura, se observó que su periodo es mayor al calculado, lo que sugiere que este tipo de estructuras es demasiado rígido.

RECOMENDACIONES

Como se pudo ver en el uso del formulario para calcular el Grado de Vulnerabilidad, este asume que toda construcción antes de la NEC fue construida sin la aplicación de ningún tipo de norma, por eso se recomienda tener en consideración si el resultado obtenido realmente representa la condición de una estructura.

- Aplicación de formulario MIDUVI por tener mayores consideraciones y en el mismo formulario se van especificando los parámetros
- Continuación del trabajo de recopilación
- Continuación de estudios más detallados

Para futuras visitas, se debe tener una programación anticipada de los hospitales que se visiten para evitar posibles problemas con la administración.

Dada a la ausencia de sobra las características mecánicas del suelo, se recomienda llevar a cabo un estudio de suelos en anticipación a las próximas inspecciones hospitalarias. Esta medida permitirá obtener una precisión más detallada acerca del tipo de suelo presente en cada ubicación visitada, facilitando así una evaluación más completa y fundamentada

Se aconseja llevar a cabo una exhaustiva evaluación de los bloques A – B1 en el hospital básico “El Corazón”, ya que según lo expuesto anteriormente, esta sección carece de la resistencia necesaria ante eventos sísmicos, lo que podría conllevar daños económicos significativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2001). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*.
<https://construccionesuce.wordpress.com/2021/05/12/manual-de-construccion-evaluacion-y-rehabilitacion-sismo-resistente-de-viviendas-de-mamposteria/>
- Aldana, C., Arrieta, E., Luna, B., Morales, C., Obregón, J. y Torres, E. (2022). *Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades militares importantes (colegios, hospitales, aeropuertos), en el Ecuador basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 - Parte 1* [Tesis pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Repositorio ESPE.
<https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/36620>
- BIO&GEO. (s.f.).Escala de Richter. <https://bioygeologia.weebly.com/escala-de-richter-y-de-mercalli.html>
- Boniolo, P., Dalle, P., Elbert, R. & Sautu, R. (2005). Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO).
<https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/handle/CLACSO/14733>
- Cabrera, J. (2018, 22 noviembre). *Estructuras de hormigón armado*. hogaramedida.es.
<http://hogaramedida.es/2018/11/estructuras-de-hormigon-armado/>
- Colegio de ingenieros de la Tierra del Fuego (CITDF-JAT). (2017). *Diseño de estructuras sismorresistentes de acero*. www.citdf.org.ar
- Criado, S. (2021). *El ladrillo. Uno de los mejores materiales de construcción*. Santiago Criado, Cerámicas, Saneamientos y Materiales de construcción.
<https://santiagocriado.com/ladrillo/>

- Cuevadelcivil.com. (2015, 23 noviembre). *Muros estructurales de Concreto Armado*. Cueva del ingeniero civil. <https://www.cuevadelcivil.com/2013/02/muros-estructurales.html>
- Dalle, P., Boniolo, P., Sautu, R. & Elbert, R. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/formacionvirtual/20100719035021/sautu.pdf>
- EcoHabitat. (2015, 15 de junio). *Metodología para medir la sostenibilidad ambiental de las estructuras de madera*. Ecohabitar. <https://ecohabitar.org/metodologia-para-medir-la-sostenibilidad-ambiental-de-las-estructuras-de-madera/>
- El Universo. (2016). Sismos más potentes que han afectado Ecuador. *El universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/04/17/nota/5531580/sismos-mas-potentes-que-han-afectado-ecuador/>
- FEMA P - 154. Enero 2015. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Handbook*. Third Edition.
- Gallegos, H y Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/181453>
- G C – Construcciones. (s/f). *Lo que necesitas saber sobre Mampostería Reforzada*. G C – Construcciones diseño, arquitectura, desarrollo. <https://gc-construcciones.net/lo-necesitas-saber-mamposteria-reforzada/>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. https://www.academia.edu/9373954/TIPOS_DE_INVESTIGACION_Por_Tevni_Grajales_G

- Hernández, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa Y Mixta* (1ra ed.). McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
https://www.academia.edu/44551333/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTAS_CUANTITATIVA_CUALITATIVA_Y_MIXTA
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2014). *Principales Definiciones*.
<https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/770/download/15124>
- Lara, A. y Martínez, K. (2020). *Análisis de Vulnerabilidad Sísmica y Propuesta de reforzamiento estructural del "Hospital San Luis de Otavalo"* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)]. Repositorio ESPE.
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/22372>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, & Secretaría de Gestión de Riesgos. (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. (1era Edición).
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Muñoz, D. (1989). Conceptos básicos en riesgo sísmico. Física de la tierra 1, 199-216.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=905617>
- NEC – SE – RE. (2015). *Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras*.
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- NTE INEN 293. (1977). *Ladrillos cerámicos definiciones. Clasificación y condiciones generales*. <https://es.scribd.com/document/419245434/Nte-Inen-293>
- NTE INEN 297. (1977). *Ladrillos cerámicos requisitos*.
<https://es.scribd.com/document/419245434/Nte-Inen-293>

- NTE INEN 2 518. (2010). *Morteros para unidades de mampostería requisitos*.
https://www.academia.edu/32536083/INSTITUTO_ECUATORIANO_DE_NORMALIZACION_NORMA_TECNICA_ECUATORIANA_NTE_INEN_2_518_2010_MORTEROS_PARA_UNIDADES_DE_MAMPOSTERIA_REQUISITOS
- NTE INEN 3066. (2016). *Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo*.
[nte_inen_3066.pdf\(vipresa.com.ec\)](nte_inen_3066.pdf(vipresa.com.ec))
- OPS, OMS. (2008) *Índice de Seguridad Hospitalaria. Guía de Evaluadores*. Primera edición. Washington, D.C.: OMS, OPS.
- OPS, OMS. (2018) *Índice de Seguridad Hospitalaria. Guía de Evaluadores*. Segunda edición. Washington, D.C.: OMS, OPS.
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/51462>
- Paredes, I. y Pachar, B. (2019). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica de las ocho estructuras del midena, mediante la metodología fema p-154, y propuesta de reforzamiento estructural de la edificación más vulnerable* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)]. Repositorio ESPE.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/21367>
- Quinatoa, J. (2022). *Evolución Histórica de las Normativas de Diseño Sismo Resistente en América Latina. Casos de Estudio: Colombia, Ecuador, Perú y Chile* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio Digital UNACH.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9160/1/EVOLUCI%C3%93N%20HIST%C3%93RICA%20DE%20LAS%20NORMATIVAS%20DE%20DISE%C3%91O%20SISMO%20RESISTENTE%20EN%20AM%C3%89RICA%20LATINA.%20CASOS%20DE%20ESTUDIO%20COLOMBIA%2C%20ECUADOR%2C%20PER%C3%9A%20Y%20CHILE.pdf>

- Saavedra, C. (2016). *Verificación del cortante basal según Covenin 1756 – 2001*. [Verificación del cortante basal según Covenin 1756-2001 – Ing. Carlos A. Saavedra \(wordpress.com\)](http://www.wordpress.com)
- Safina, S. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/6226?show=full>
- San Bartolomé, A. y Quiun, D. (2004). Propuesta Normativa Para El Diseño Sísmico De Edificaciones De Mampostería Confinada. *Boletín Técnico Instituto de Materiales y Modelos Estructurales*, v 42, n2. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2004000200003
- Santa Cruz, S. (2011). *Estimación de vulnerabilidad físico-estructural en grandes ciudades*. Blog de Sandra Cecilia Santa Cruz Hidalgo. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/ssantacruz/2011/11/04/estimacion-de-vulnerabilidad-fisico-estructural-en-grandes-ciudades/>
- SIGWEB. (2011). *El portal de Prevención de Riesgos*. <http://www.sigweb.cl/wp-content/uploads/biblioteca/RichterMercalli.pdf>
- Soto, E. (2018). *Comparación de los métodos: fema 154, hidrosawa y demanda – resistencia para evaluar vulnerabilidad sísmica en infraestructura educativa – Baños del Inca* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13477>
- Untuña, C. (2021). *Evaluación sísmica basada en desempeño según FEMA P-58 del Hospital General Docente Ambato* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)]. Repositorio ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/24142>

- Velasco, D. (2020). *Aplicación del Índice de Seguridad Hospitalario, Caso de Estudio: Hospital Homero Castanier Crespo* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/10326>
- Villacrés, W. (2010). *Miranda. Arquitectura panamericana*. <https://arquitecturapanamericana.com/miranda/>
- Yépez, F., Barbat, A. y Canas, J. (1995). *Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería*. Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE). <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/27297?locale-attribute=es>

ANEXOS

Nota. Los anexos serán presentados a biblioteca en formato pdf, y estos se componen de 44 anexos