UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TEMA:

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS DEL MERCADO SAN PABLO DE ATENAS EN EL CANTON SAN MIGUEL PERIODO ENERO-MAYO 2025

AUTORES:

NAYARETH MILENA ESPARZA MIZHQUERO

ANDREA NOEMI FUENTES CHAVEZ

TUTOR:

ING. MARIA TRANSITO VALLEJO ILIJAMA

GUARANDA-ECUADOR

2024-2025

TEMA:

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS DEL MERCADO SAN PABLO DE ATENAS EN EL CANTON SAN MIGUEL PERIODO ENERO-MAYO 2025

AGRADECIMIENTO

“Al llegar a este momento tan importante de mi vida, no puedo dejar de mirar atrás y reconocer a quienes con su amor, apoyo y ejemplo me han permitido alcanzar este logro."

En primer lugar, mi profundo agradecimiento a Dios por haberme concedido la oportunidad de llegar hasta este momento, otorgándome la fortaleza y la perseverancia necesarias para alcanzar las metas propuestas.

A mi madre, María Mizhquero, quien ha sido el pilar fundamental de mi vida, acompañándome con su apoyo incondicional en los momentos buenos y malos respaldando cada una de las decisiones que he tomado a lo largo del camino. Ella representa para mí la más grande inspiración como ser humano, por su valentía, fortaleza y el incansable esfuerzo con el que ha trabajado para brindarme la vida que merezco. A pesar de las adversidades, siempre ha sabido enfrentarlas con dignidad y entereza convirtiéndose en el ejemplo más valioso que guiará mi vida.

A la memoria de mi padre, Rodrigo Esparza que, aunque ya no me acompaña en este mundo, permanece en mi corazón como ejemplo de esfuerzo, dedicación y profesionalismo convirtiéndose en la mayor fuente de inspiración para forjarme como la profesional que hoy empiezo a ser.

A mi hermana menor, Camila Corrales, a mis padrinos y a mis primos, a quienes agradezco profundamente por su presencia en mi vida y por el apoyo brindado en este proceso. Cada uno de ellos, con sus gestos de cariño y acompañamiento, me ha recordado la importancia de la familia como un pilar fundamental en cada etapa de mi formación, siendo parte de la fortaleza que me impulsó a seguir adelante.

A Dialina Loor y Lizardo Muñoz, a mis compadres Cinthia Muñoz y Jean Carlos Párraga, y a mi mejor amiga María Muñoz, quienes se convirtieron en mi segunda familia al acogerme en su hogar con tanto cariño y generosidad. Gracias a su apoyo incondicional, compañía y afecto, siempre encontré un espacio donde sentirme respaldada, comprendida y valorada. En especial, a mis gemelos Fernando y Daniel, y a mis ahijados Luciana y Nicolás, cuyo amor puro, abrazos sinceros y ternura infinita llenan mi vida de alegría. Ellos me inspiran a ser más fuerte cada día y me recuerdan la belleza de compartir el amor en su forma más genuina.

A mi mejor amigo, Estiven Masabanda, por ser ese hermano que la vida me regaló. Gracias por estar siempre presente, por tus palabras de ánimo, por tu paciencia y por compartir conmigo momentos de risa, desahogos y locuras que hicieron de este proceso algo más llevadero y especial. Tu amistad ha sido un refugio y una fuente constante de apoyo y alegría; gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por acompañarme con el corazón y por ser parte de este sueño que hoy se hace realidad.

A mis queridas amigas Andrea Fuentes, Gina Rivera y Tatiana Cayambe, quienes han sido una parte esencial de este proceso. Su compañía ha iluminado cada etapa, compartiendo conmigo alegrías y desafíos, risas que quedarán para siempre en mi

memoria y palabras de aliento que me sostuvieron en los momentos difíciles. Más que amigas, han sido un apoyo constante y una fuente de alegría que hizo de esta experiencia algo mucho más especial.

En este recorrido he tenido la dicha de cruzarme con personas que, con su apoyo, su amor o simplemente con su presencia han marcado mi vida de manera especial. También guardo en el corazón a quienes, aunque ya no caminan a mi lado, siguen viviendo en mis recuerdos y en la fuerza que me dejaron. A todos ellos, presentes o ausentes, les debo parte de lo que hoy soy y de lo que he logrado.

NAYARETH MILENA ESPARZA MIZHQUERO

Con el corazón llena de gratitud, quiero comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser la luz que ha iluminado mi camino en cada paso de este proceso. Su amor incondicional ha sido mi refugio y mi fortaleza en los momentos de incertidumbre. Gracias, Señor, por darme la paz y la fuerza necesarias para superar los desafíos, por ser mi guía en cada etapa y por darme el coraje para llegar hasta aquí. Este logro es el reflejo de su infinita protección y amor.

A mi madre, Vilma Chávez, no encuentro palabras suficientes para agradecerle todo lo que ha hecho por mí. Usted es la mujer más fuerte que conozco, mi mayor ejemplo de sacrificio y valentía. Gracias por su amor incondicional, por su dedicación a mi bienestar y por estar siempre a mi lado, apoyándome y creyendo en mí, aún en los momentos en que yo misma dudaba. Este logro, madre querida, es tan suyo como mío, y le debo mi fuerza y perseverancia. Todo lo que soy, se lo debo a usted.

A mi hija, Aitana Isabella, mi mayor motivación y razón de seguir adelante. Gracias por ser mi sol en los días grises, por enseñarme el verdadero significado del amor y la perseverancia. Usted es la razón por la que lucho cada día, y mi vida tiene más sentido y propósito gracias a su existencia. Dedico este esfuerzo y logro a usted, mi amor, porque todo lo que hago es para darle lo mejor de mí.

A mis hermanos, por ser el pilar sobre el cual me apoyo, por su amor y por estar presentes en los momentos de alegría y dificultad. Ustedes siempre han estado a mi lado, brindándome su apoyo y compañía. Este logro también es suyo, porque sin su respaldo, no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

A mis sobrinos, quienes con su amor y energía me llenan de alegría cada día. Gracias por su inocencia, por su ternura y por ser una constante fuente de inspiración y motivación. Cada uno de ustedes tiene un lugar especial en mi corazón, y su presencia en mi vida me llena de gratitud y esperanza.

A mi pareja, Steeven Caiza, mi compañero y apoyo incondicional. Gracias por su paciencia, por estar siempre a mi lado y por darme el amor y la tranquilidad que necesitaba en cada etapa de este proceso. Su apoyo ha sido fundamental para llegar hasta aquí, y este logro también es suyo. Gracias por ser mi refugio, por creer en mí cuando más lo necesitaba y por caminar a mi lado en este viaje.

A mi compañera de tesis, Milena Esparza, le agradezco profundamente por su dedicación, su esfuerzo y por ser una amiga excepcional. Gracias por compartir su tiempo y su trabajo en este proyecto, por su colaboración incansable y por ser siempre un pilar de apoyo. Agradezco su amistad y su compromiso, que me han permitido lograr este objetivo con éxito.

A mis queridas amigas, Milena , Ghina y Tatiana, agradezco de corazón haberlas encontrado en este camino . Ustedes han sido una fuente constante de apoyo y cariño. Gracias por su amistad sincera, por escucharme, por darme ánimo y por estar a mi lado en los momentos difíciles. Ustedes han sido un refugio para mi alma, y valoro profundamente la relación que hemos forjado. Este logro también es gracias a ustedes, por ser parte de mi vida y por darme el aliento necesario para seguir adelante.

A mi universidad, la prestigiosa Universidad Estatal de Bolívar, mi más sincero agradecimiento. Gracias por brindarme los recursos, el conocimiento y las oportunidades necesarias para llegar hasta aquí. A cada uno de los docentes que han formado parte de este proceso, les agradezco profundamente. Su dedicación, enseñanza y apoyo han sido fundamentales para mi crecimiento académico y personal. Este logro también es fruto del esfuerzo colectivo y el compromiso de todos ustedes.

Este logro no es solo el reflejo de mi esfuerzo, sino también el resultado del amor, la paciencia, el sacrificio y el apoyo de todos ustedes. Cada uno ha dejado una huella en este camino, y sin su presencia, este proceso no hubiera tenido el mismo significado. A todos ustedes, desde lo más profundo de mi ser, les agradezco de corazón. Este éxito es tan suyo como mío, y siempre los llevaré en mi corazón. ¡Gracias por estar a mi lado y por ser parte de este hermoso proceso!

ANDREA NOEMI FUENTES CHAVEZ

DEDICATORIA

A todas las personas cuyo apoyo dejó huellas en este proceso

A Dios, por ser mi guía en cada paso, por darme fortaleza en los momentos difíciles y por iluminar mi camino con sabiduría y esperanza.

A mi madre, por su amor inagotable, su apoyo constante y por ser mi mayor inspiración en cada paso.

A la memoria de mi padre, que en paz descanse, cuyo recuerdo sigue guiando mis decisiones y dándome la fuerza para alcanzar mis metas.

A mi tía y primos paternos por siempre estar presente en mi vida a pesar de todos los problemas que ha tenido nuestra familia.

A toda mi familia que, con su compañía y aliento, contribuyeron a que este sueño académico se haga realidad.

A mis amigos que jamás dejaron que decaiga y siempre estuvieron para sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles.

A las personas que llegaron, a las que se fueron y a las que permanecen, pues cada una dejó una huella que hizo posible este logro

Y a mí misma, por no rendirme, por abrazar mis sueños incluso en los momentos difíciles y por demostrarme que soy capaz de alcanzar todo aquello que me propongo.

NAYARETH MILENA ESPARZA MIZHQUERO

Dedico esta tesis con todo mi corazón a Dios, por ser mi fuerza, mi guía y la luz que me ha iluminado en cada momento de este camino. Su amor infinito ha sido mi refugio y mi aliento en los momentos más difíciles, y sin Él, este logro no habría sido posible.

A mi madre, Vilma Chávez, por su amor incondicional y su sacrificio, por ser mi ejemplo de valentía y fortaleza. Gracias por estar siempre a mi lado, apoyándome y creyendo en mí, incluso cuando yo misma dudaba. Eres mi mayor inspiración y la razón por la que nunca me rendí.

A mi hija, Aitana Isabella, por ser mi mayor motivación. Ella es la razón que me impulsa a dar lo mejor de mí, a seguir adelante, y a luchar por cada sueño que tenemos. Su sonrisa y su amor me dan fuerzas para nunca rendirme. A ti, hija mía, te dedico este esfuerzo con todo el amor del mundo, porque tú eres el motor que me hace seguir.

A mis hermanos, por ser el pilar sobre el cual me sostengo, por su apoyo inquebrantable y por llenar mi vida de amor y alegría.

A mis sobrinos, quienes con su ternura, alegría y energía han sido una fuente constante de felicidad y motivación. Gracias por recordarme siempre la importancia de disfrutar cada momento y por ser un reflejo de amor puro e incondicional.

Y a mi pareja, Steeven Caiza, por su apoyo incondicional, su paciencia y su amor constante. Gracias por estar a mi lado en los momentos de incertidumbre, por ser mi compañero y mi mayor respaldo. Este logro también es tuyo, por tu apoyo inquebrantable y por ser la fuente de calma y amor en mi vida.

A todos ustedes, que han sido mi fuerza, mi motivación y mi razón de seguir adelante, les dedico este esfuerzo con todo mi amor y gratitud. Este logro es el reflejo de cada uno de ustedes, que me han acompañado con su amor, su fe y su apoyo en cada paso de este proceso .

ANDREA NOEMI FUENTES CHAVEZ

Guaranda, 18 de septiembre del 202.

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

El suscrito Ingeniera María Vallejo Ilijama Mgtr. Directora del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS DEL MERCADO DE SAN PABLO DE ATENAS EN EL CANTON SAN MIGUEL PERIODO ENERO-MAYO 2025"; realizado por los señores: NAYARETH MILENA ESPARZA MIZHQUERO Y ANDREA NOEMI FUENTES CHAVEZ ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.

Ing. María Vallejo Ilijama, Mgtr.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

TABLA DE CONTENIDO

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras **ESPARZA MIZHQUERO NAYARETH MILENA y FUENTES CHAVEZ ANDREA NOEMI**, portadoras de la Cédula de Identidad No. **1724002496** y No. **0202630034**, en calidad de autoras y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **"VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE SISMOS DEL MERCADO SAN PABLO DE ATENAS EN EL CANTÓN SAN MIGUEL, PERIODO ENERO – MAYO 2025"**, modalidad proyecto de investigación, de conformidad con el **Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN**, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

Las autoras declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

ESPARZA MIZHQUERO
NAYARETH MILENA
CI: 1724002496

FUENTES CHAVEZ
ANDREA NOEMI
CI: 0202630034

INDICE

INTRODUCCIÓN.....14

CAPITULO I: EL PROBLEMA.....18

1.1. Planteamiento del problema.....18

1.2. Formulación del problema.....19

1.3. Justificación.....19

1.4. Objetivos.....21

1.4.1 Objetivo General.....21

1.4.2. Objetivos Específicos.....21

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....23

2.1. Marco referencial.....23

2.2. Antecedentes académicos y artículos.....26

2.3. Científico.....1

2.3.1. Vulnerabilidad.....31

2.3.1.1. Vulnerabilidad física.....32

2.3.1.2. Vulnerabilidad sísmica.....33

2.3.1.3. Vulnerabilidad Estructural.....33

2.3.1.4. Evaluación de la vulnerabilidad estructural.....35

2.3.1.5. Vulnerabilidad Física en edificaciones.....35

2.3.1.6. Factores de la vulnerabilidad estructural.....36

2.3.2. Rapid Visual Screening (FEMA 154).....40

2.3.3 Tipología del sistema estructural.....41

2.3.4. Tipologías estructurales.....42

2.3.4. Sismos.....44

2.3.4.1. Sismicidad en Ecuador y la Región Andina.....48

2.3.5. Identificación del tipo de suelo. 50
2.3.6. Sistemas de alerta sísmica 48
2.3.7. Ondas Sísmicas 49
2.3.7.1. Estructura de la Onda 49
2.3.7.2. Tipos de Ondas Sísmicas 49
2.3.8. escalas sísmicas 50
2.3.8.1. Escala de magnitud o de Richter 50
2.3.8.2. Escala de Mercalli 51
2.3.9. Zonas de subducción 54
2.4 Marco legal 55
2.4.1 MARCO DE SENDAI 55
2.4.2. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 58
2.4.3. LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO 59
2.4 LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC) 60
2.5 Definición de términos 62
CAPITULO III: METODOLOGÍA 65
3.1 Tipo de Investigación 65
3.2. Enfoque de la investigación 66
3.3. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos 67
3.5. Procesamiento de la Información 67
CAPITULO IV: RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN LOS OBJETIVOS 69
4.1. Resultado según el objetivo 1 69
4.1.1. Descripción de la estructura del mercado San Pablo de Atenas 70
4.1.2. FEMA 154 80
4.2. Resultado según el Objetivo 2: 84
4.2.1. Modelamiento en CYPECAD 85

4.2.2. Resultados del modelamiento.....95

4.3. Resultado según el Objetivo 3:.....107

4.3.1. Medidas Estructurales 108

Medidas Estructurales 108

4.3.3. Medidas Funcionales y de Gestión del Riesgo (más específicas).....108

4.3.4. Recomendaciones para el seguimiento técnico.....109

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....110

Conclusiones 110

Recomendaciones 112

INDICE DE ILUSTARCIONES

ILUSTRACIÓN 1..... 23
ILUSTRACIÓN 2..... 25
ILUSTRACIÓN 3..... 31
ILUSTRACIÓN 4..... 32
ILUSTRACIÓN 5..... 33
ILUSTRACIÓN 6..... 34
ILUSTRACIÓN 7..... 35
ILUSTRACIÓN 8..... 36
ILUSTRACIÓN 9..... 37
ILUSTRACIÓN 10..... 38
ILUSTRACIÓN 11..... 39
ILUSTRACIÓN 12..... 41
ILUSTRACIÓN 13..... 42
ILUSTRACIÓN 14..... 43
15 SISMOS..... 44
ILUSTRACIÓN 16..... 45
ILUSTRACIÓN 17..... 46
ILUSTRACIÓN 18..... 46
ILUSTRACIÓN 19..... 47
ILUSTRACIÓN 20..... 71
ILUSTRACIÓN 21..... 72
ILUSTRACIÓN 22..... 73
ILUSTRACIÓN 23..... 74
ILUSTRACIÓN 24..... 75
ILUSTRACIÓN 25..... 76
ILUSTRACIÓN 26..... 77
ILUSTRACIÓN 27..... 78
ILUSTRACIÓN 28 CORTE DE LOSAS..... 78
ILUSTRACIÓN 29..... 79
ILUSTRACIÓN 30..... 81
ILUSTRACIÓN 31 MERCADO SAN PABLO DE ATENAS..... 81

ILUSTRACIÓN 32 DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA DEL MERCADO SAN PABLO DE ATENAS 84
ILUSTRACIÓN 33 85
ILUSTRACIÓN 34 86
ILUSTRACIÓN 35 87
ILUSTRACIÓN 36 88
ILUSTRACIÓN 37 89
ILUSTRACIÓN 38 90
ILUSTRACIÓN 39 90
ILUSTRACIÓN 40 91
ILUSTRACIÓN 41 92
ILUSTRACIÓN 42 92
ILUSTRACIÓN 43 93
ILUSTRACIÓN 44 94
ILUSTRACIÓN 45 94
ILUSTRACIÓN 46 95
ILUSTRACIÓN 47 96
ILUSTRACIÓN 48 98
ILUSTRACIÓN 49 100
ILUSTRACIÓN 50 103
ILUSTRACIÓN 51 104
ILUSTRACIÓN 52 105
ILUSTRACIÓN 53 106

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 ESCALA DE MAGNITUD O DE RICHTER _____ 51
TABLA 2 ESCALA DE MERCALLI _____ 52
TABLA 3 DATOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN _____ 80
TABLA 4 PUNTAJE FINAL MATRIZ DE LA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN SÍSMICA SIMPLIFICADA BASADA EN EL FEMA 154 _____ 82
TABLA 5 GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL MERCADO SAN PABLO DE ATENAS 83
TABLA 6 RESULTADOS DE LOS MODOS DE VIBRACIÓN, PERIODO Y PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE MASA _____ 97
TABLA 7 RANGO DE PERIODO SEGÚN LOS MODOS ESTUDIADOS EN Y1 _____ 99
TABLA 8 RANGO DE PERIODO SEGÚN LOS MODOS ESTUDIADOS EN X1 _____ 99
TABLA 9 VALORES DEL DESPLAZAMIENTO DE PILARES SEGÚN LA NORMA NEC, 2015. 102
TABLA 10 DESPLOME LOCAL MÁXIMO DE LOS PILARES _____ 102
TABLA 11 DESPLOME TOTAL MAXIMO DE LOS PILARES _____ 102
TABLA 12 PROPUESTAS DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN ANTE UNA AMENAZA SÍSMICA __ 108

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 INFORME DE LA JUSTIFICACIÓN SÍSMICA 123
ANEXO 2 DISTORSIÓN DE PILARES 131
ANEXO 3 MATRIZ FEMA P-154 137
ANEXO 4 MERCADO 139
ANEXO 5 FACHADA POSTERIOR DEL MERCADO SAN PABLO 139
ANEXO 6 MEDICIONES DE LAS COLUMNAS DEL SEGUNDO PISO DEL MERCADO SAN PABLO 140
ANEXO 7 SEGUNDO PISO 140
ANEXO 8 MEDICIONES DEL PISO DE LA SEGUNDA PLANTA DEL MERCADO SAN PABLO. 141
ANEXO 9 MEDICIONES ENTRE COLUMNAS DEL PRIMER PISO 141
ANEXO 10 MEDICIONES DE LA PARTE EXTERIOR DEL MERCADO SAN PABLO 142
ANEXO 11 MEDICIÓN DE LA ALTURA DEL ZÓCALO PERIMETRAL EN LA PARTE EXTERIOR DE LA EDIFICACIÓN 142
ANEXO 12 ESTUDIANTES EVALUADORES 143

ANEXO 13 PLANOS ARQUITECTÓNICOS.....144

RESUMEN

La presente investigación evalúa la vulnerabilidad estructural del Mercado San Pablo de Atenas, una edificación esencial para la actividad económica y social del cantón San Miguel de Bolívar, ubicada en una zona catalogada como de alta amenaza sísmica según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015). Para ello se aplicó un enfoque metodológico mixto, combinando la inspección visual rápida mediante el formulario FEMA 154 y el modelamiento estructural detallado a través del software CYPECAD conforme al análisis dinámico modal espectral. La evaluación FEMA 154 permitió identificar que el mercado, construido en hormigón armado y asentado sobre un suelo tipo D, presenta una vulnerabilidad sísmica media con un puntaje de 1.8, influenciada por irregularidades estructurales y condiciones del terreno. Por su parte, el modelamiento en CYPECAD evidenció que la estructura cumple con los parámetros de la NEC al movilizar más del 90% de la masa modal requerida y mantener los desplazamientos dentro de los límites normativos, aunque se detectó un comportamiento torsional en el primer modo de vibración asociado a asimetrías en rigidez y masa, además de la presencia de patologías menores que podrían comprometer su desempeño futuro. A partir de ambos análisis se propusieron medidas de mitigación estructurales, no estructurales y funcionales orientadas al refuerzo de elementos críticos, mejora de conexiones, mantenimiento preventivo, gestión de elementos no estructurales y fortalecimiento de los planes de emergencia, con el fin de garantizar la seguridad de usuarios y comerciantes ante la ocurrencia de un evento sísmico. En conclusión, el mercado presenta un desempeño sísmico global aceptable, pero requiere intervenciones preventivas que reduzcan el riesgo de daños localizados y contribuyan a la resiliencia de esta infraestructura esencial para la comunidad.

Palabras clave: Vulnerabilidad, Sismo, FEMA 154, CYPECAD, NEC 2015.

ABSTRACT

This research evaluates the structural vulnerability of the San Pablo de Atenas Market, a critical facility for the economic and social functioning of the San Miguel de Bolívar canton, located in an area classified as high seismic hazard according to the Ecuadorian Construction Code (NEC-2015). A mixed methodological approach was applied, combining the FEMA 154 rapid visual screening method with detailed structural modeling using CYPECAD through a dynamic modal spectral analysis. The FEMA 154 assessment determined that the market, built with reinforced concrete and founded on type D soil, presents a medium seismic vulnerability with a final score of 1.8, influenced by structural irregularities and local ground conditions. Meanwhile, the CYPECAD modeling showed that the structure meets NEC requirements by mobilizing more than 90% of the modal mass and keeping structural drifts within acceptable limits, although a noticeable torsional behavior was identified in the first vibration mode due to stiffness and mass asymmetry, as well as minor structural pathologies that may affect future seismic performance. Based on both evaluations, structural, non-structural, and functional mitigation measures were proposed, including reinforcement of critical elements, improvement of structural connections, preventive maintenance, securing of non-structural components, and strengthening of emergency and evacuation plans, ensuring adequate safety conditions for users and merchants in the event of an earthquake. In conclusion, the market demonstrates an acceptable overall seismic performance, yet it requires preventive interventions to minimize localized damage and enhance the resilience of this essential community infrastructure.

Keywords: Vulnerability, Seismic, FEMA 154, CYPECAD, NEC 2015.

INTRODUCCIÓN

Ecuador se encuentra expuesto a un alto nivel de amenaza sísmica debido a su ubicación en el cinturón de fuego y a la interacción de placa tectónicas en la región andina, el país ha enfrentado eventos de gran magnitud como el de Riobamba en 1797 que provoco grandes pérdidas en varias provincias incluidas Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar y Pichincha. El más reciente ocurrido en Cumandá con una magnitud de 6,2 el 7 de septiembre 2018 afecto a la provincia de Bolívar ocasionando deslizamientos en vías principales y daños estructurales locales (Paucar Camacho et al., 2018)

En este contexto la parroquia San pablo de Atenas sufrió afectaciones en su red vial y en las edificaciones de uso público lo que evidencia la necesidad de analizar la vulnerabilidad estructural de edificaciones críticas como lo es el mercado de la parroquia un espacio que constituye un punto estratégico para la economía y la dinámica social de la comunidad.

La edificación fue construida bajo la normativa ecuatoriana vigente (NEC, 2015)cuyo propósito es garantizar edificaciones más seguras y resilientes, no obstante, la amenaza sísmica de la zona exige una evaluación detallada de su comportamiento estructural para identificar posibles deficiencias y plantear medidas de mitigación.

Con este fin la investigación se apoya en la metodología de inspección visual rápida propuesta por la Federal Emergencia Management Agency(FEMA P-154, 2015) que nos permite identificar visualmente factores de vulnerabilidad estructural a partir de esta información se complementa el análisis con el modelamiento estructural en el software CYPECAD con la finalidad de estimar el nivel de vulnerabilidad de la edificación.

Los resultados obtenidos no solo contribuyen a la preservación de la infraestructura, sino que también buscan garantizar la seguridad de comerciantes y usuarios, así como la continuidad de las actividades económicas de la comunidad.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

15.1. Planteamiento del problema

Ecuador se ubica en una de las regiones más sísmicas del mundo lo que lo hace altamente vulnerable a eventos sísmicos que pueden ocasionar pérdidas humanas, daños materiales y grandes impactos económicos. . Históricamente la región ha sido afectada por terremotos de intensidad considerable como los ocurridos en 1674, 1797, 1911, 1942.

En el cantón de San Miguel eventos sísmicos de intensidad en los años de 1797 y 1942, así como el evento de 1949 reporto intensidad V. La Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2015 (NEC, 2015) establece que la ciudad se localiza en la zona IV considerada de alto peligro o amenaza sísmica con un valor Z de 0,35 g de aceleración en roca. Además, la presencia de varias fallas geológicas como el sistema Pallatanga, Yagui, río Chimbo, río La Chima, entre otras.(Paucar Camacho et al., 2018)

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) este cantón presenta valores aceleración sísmica que oscilan entre 0.30g y 0.40g ubicándose en la zona IV de peligro sísmico.

Una de las causas trascendentales de daño en las estructuras inducidas por los sismos es el comportamiento poco adecuado de las edificaciones, razón por la cual es importante determinar el grado de vulnerabilidad que presentan de acuerdo a la configuración estructural de las mismas, para así investigar soluciones y mejorar su respuesta estructural ante la influencia de un sismo de mediana o gran intensidad.

El mercado de la parroquia San Pablo de Atenas representa un espacio de alta relevancia económica y social para la comunidad local. Esta infraestructura, considerada crítica por su función en el abastecimiento y la dinámica comercial de la zona.

Es fundamental determinar la vulnerabilidad estructural del mercado central de San Pablo de Atenas ya que la ocurrencia de un evento sísmico podría comprometer su funcionamiento afectando a la población tanto a comerciantes y a usuarios poniendo en riesgo la continuidad de las actividades económicas locales, conocer las posibles debilidades de la edificación permitirá proponer medidas preventivas y correctivas que contribuyan a la reducción del riesgo en la parroquia. De esta manera, el estudio busca aportar información útil para fortalecer la gestión del riesgo en infraestructuras de carácter esencial para la comunidad, fomentando la resiliencia y la seguridad de los habitantes del cantón.

15.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad estructural ante sismos del mercado San Pablo de Atenas?

15.3. Justificación

El mercado de San Pablo de Atenas constituye una infraestructura de vital importancia para la actividad económica local ya que acoge diariamente a nuestros comerciantes y usuarios.

Determinar su vulnerabilidad estructural es fundamental debido a la localización en un área de alta amenaza sísmica y una eventualidad podría resultar en daños estructurales severos, comprometiendo la vida de la población y provocando consecuencias económicas importantes.

Un análisis técnico detallado permitirá identificar las debilidades estructurales y establecer un plan de acción para reforzar la edificación mejorando su comportamiento.

El estudio espera lograr un beneficio tanto para la comunidad como para las autoridades garantizando la seguridad de las personas, la continuidad del comercio local implementando políticas de prevención y mejorar la planificación urbana, aportando al desarrollo sostenible de San Miguel al garantizar la seguridad de las infraestructuras, se protege a la población local, reduciendo el riesgo de lesiones y fatalidades si ocurre un sismo la importancia de evaluar la vulnerabilidad estructural radica en varios aspectos clave como la identificación temprana de fallas estructurales permite implementar medidas preventivas, reduciendo el impacto de futuros sismos, los resultados del estudio pueden influir en futuras construcciones y en el desarrollo de políticas urbanas más seguras y resilientes

Esta propuesta contempla la aplicación de la matriz FEMA 154 reconocida internacionalmente, adaptada a las circunstancias de la zona para la evaluación visual de edificaciones ante amenazas sísmicas, adicionalmente se integrará el análisis estructural mediante el software especializado CYPECAD que permite modelar y simular el comportamiento estructural con mayor precisión.

Este estudio fortalece las competencias técnicas en análisis estructural, gestión del riesgo y aplicación de normativas. Además, refuerza el compromiso ético que debe asumir quienes se forman en el campo de la Ingeniería en Riesgos de Desastres al vincularse directamente con el bienestar de la población, esta investigación no solo busca mitigar riesgos, sino también fortalecer la respuesta operativa ante desastres, asegurando un entorno más seguro y resiliente para toda la comunidad. Abordar estos desafíos con prontitud es clave para construir un futuro sostenible y protegido.

15.4. Objetivos

15.4.1 Objetivo General:

Determinar la vulnerabilidad estructural del mercado San Pablo de Atenas ante sismos.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Describir los elementos estructurales del mercado San Pablo de Atenas mediante la metodología FEMA 154.
- Modelar el comportamiento estructural del mercado San Pablo de Atenas ante un sismo mediante normativa NEC usando el software CYPECAD.
- Proponer medidas de mitigación frente a una amenaza sísmica basadas en los resultados obtenidos en el modelamiento estructural y su nivel de vulnerabilidad.

1.5 Operacionalización de variables

1.5.1. Variable independiente

Vulnerabilidad estructural

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala
Vulnerabilidad estructural	La vulnerabilidad estructural es la susceptibilidad de una edificación a sufrir daños durante un sismo, en elementos como cimientos, columnas, vigas y losas, dependiendo de su tipología estructural, del cumplimiento de las normas de construcción y de los parámetros de configuración estructural.	Tipología Estructural	Hormigón Armado	Planos estructurales	Nominal
		Normas de construcción	NEC 2015	Fichas FEMA-154	Ordinal
		Parámetros de configuración estructural	Altura de la edificación	Planos Arquitectónicos	Razón
			Irregularidad de la edificación		

1.5.1. Variable dependiente

Amenaza Sísmica

Sismos	Movimiento brusco de la tierra, causado por la liberación repentina de energía que puede causar daños a las estructuras.	Tipo de suelo	Clasificación del suelo	FEMA 154 NEC 2015	Nominal
		magnitud	Escala de Richter	Cypecad	Razón

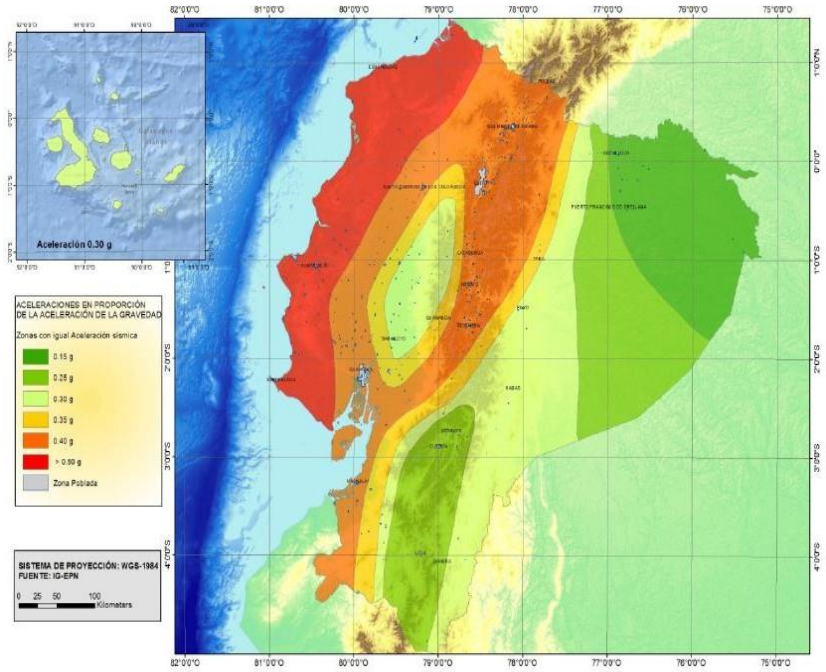
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco referencial

Ecuador presenta una alta susceptibilidad a eventos sísmicos por encontrarse en el cinturón de fuego del pacifico y en la zona de convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana según el instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2014), el país se ubica entre las naciones con mayor amenaza sísmica en América del sur debido a la frecuente liberación de energía en la zona de subducción (Peligro Sísmico - Instituto Geofísico - EPN, 2014.).

Ilustración 1

Mapa de Peligro Sísmico en el Ecuador NEC-2015



Nota: *Mapa de Peligro Sísmico en el Ecuador Fuente:* NEC 2015

En el cantón San Miguel de la presencia de varias fallas geológicas como el sistema Pallatanga, Yagui, río Chimbo, río La Chima, entre otras.(Paucar Camacho et al., 2018). De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (MIDUVI, 2023)

la provincia se encuentra en la zona IV de amenaza sísmica con un factor Z de 0,35 g lo que representa un nivel de peligro alto.

Según la (NEC, 2015), el territorio ecuatoriano se encuentra dividido en seis zonas sísmicas (I a VI), cada una con un valor asignado del factor de zona Z que representa la aceleración sísmica esperada en roca para el diseño estructural. La provincia de Bolívar está localizada en la zona sísmica IV con valor Z de 0.35g de aceleración la cual su categorización de peligro sísmico es alta, por lo tanto, es más susceptible ante un sismo.

El mercado San Pablo de Atenas, perteneciente al cantón San Miguel de Bolívar, es uno de los motores económicos de la zona, ya que concentra una amplitud de negocios dedicados principalmente a la comercialización de productos agrícolas, alimentos, ropa y otros artículos de uso cotidiano. Este espacio comercial no solo facilita el acceso a bienes esenciales para la población local, sino que también genera empleo y atrae a visitantes de comunidades cercanas. Su influencia en el desarrollo de la parroquia ha sido considerable, ya que impulsa el crecimiento económico local y estimula mejoras en los servicios e infraestructura del entorno. Además, el mercado promueve el flujo constante de bienes y servicios en la región, convirtiéndose en un punto estratégico que fortalece la economía del cantón San Miguel y de la provincia de Bolívar.

Ilustración 2

Ubicación del mercado San pablo de Atenas



Nota. Mapa de ubicación del Mercado San Pablo de Atenas. **Fuente:** (Elaboración propia, 2025)

Ubicación:

Se localiza en el Barrio la Libertad en la intersección de las calles Juan Pio de Mora y Virgilio Coloma, Parroquia San Pablo de Atenas, Cantón San Miguel, provincia de Bolívar.

2.2. Antecedentes académicos y artículos.

“Evaluación estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta de reforzamiento del centro educativo Juan Pablo I del D.M.Q.”

(Moreta Viscarra, 2015) desarrollo una evaluación en el centro educativo Juan Pablo I en Quito mediante la inspección visual, pruebas no destructivas y levantamiento estructural para ello se utilizó el formato FEMA P-154 y posteriormente se generó un modelo matemático en el software ETABS v9.7.4. los resultados evidenciaron falencias en el diseño estructural y condujeron a la propuesta dos alternativas de reforzamiento considerando la viabilidad técnica y económica de cada uno.

El estudio sobre el establecimiento educativo Juan Pablo I se relaciona con el tema propuesto porque ilustra cómo las inspecciones visuales y el uso de metodologías estandarizadas, como el formato FEMA 154, pueden revelar deficiencias estructurales en edificaciones existentes. Aunque se centra en una institución educativa, este trabajo destaca la relevancia de comprender la vulnerabilidad estructural de construcciones críticas para garantizar su funcionalidad y seguridad en zonas de alta sismicidad, como lo sería también en el mercado San Pablo de Atenas.

“Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun- Carhuaz”

Según (Rodríguez Rosa, 2018)el estudio vulnerabilidad estructural ante riesgos sísmico de las viviendas de la sub cuenca Chucchun-Carhuaz tuvo como finalidad identificar tanto las características del territorio como los indicadores que determinan el nivel de vulnerabilidad estructural de las viviendas frente a un evento sísmico para alcanzar este objetivo se aplicó un diseño no experimental de tipo transeccional y se utilizaron encuestas en una muestra de 343 viviendas mediante un cuestionario estandarizado. El análisis se efectuó con base en el proceso de análisis jerárquico PAJ lo

cual permitió establecer que factores como la litología, la pendiente y la exposición del territorio sitúan a la subcuenca en condiciones de vulnerabilidad muy alta, los resultados de las encuestas revelaron que las viviendas presentan debilidades significativas que las hacen altamente susceptibles.

El trabajo sobre la vulnerabilidad estructural en la subcuenca Chucchun-Carhuaz está relacionado con el tema propuesto porque aborda no solo las características intrínsecas de las edificaciones, sino también los factores externos del territorio, como las condiciones geológicas y de pendiente. Esto resalta la importancia de analizar el entorno natural como parte del riesgo sísmico, lo que permite comprender cómo las condiciones externas pueden influir en la vulnerabilidad de una estructura, incluyendo al mercado de la parroquia San pablo de Atenas

Importancia de la vulnerabilidad estructural de la vivienda unifamiliar en el riesgo urbano. Modelo de estudio ciudad de Managua, Nicaragua

Según (Aguilar Arriola, 2016) la investigación destaca cómo la vulnerabilidad estructural de las viviendas de interés en Managua, Nicaragua, contribuye significativamente al riesgo urbano. Factores como la calidad del material, la configuración geométrica y el sistema estructural juegan un papel crítico en la susceptibilidad de estas viviendas frente a desastres naturales, especialmente terremotos. La falta de estudios adecuados en este tipo de viviendas acentúa su vulnerabilidad. Managua, siendo la ciudad más poblada y desarrollada del país, enfrenta un alto riesgo sísmico por las fallas tectónicas activas y su cercanía a la zona de subducción. Eventos como el terremoto de 1972 evidenciaron las debilidades constructivas prevalentes. Los efectos de la vulnerabilidad estructural no solo incluyen colapsos físicos sino también consecuencias sociales y económicas significativas.

El análisis en Managua ofrece lecciones aplicables al estudio de la vulnerabilidad estructural del mercado San Pablo de Atenas. Ambos contextos resaltan la importancia de evaluar la rigidez estructural, los materiales y la configuración arquitectónica frente a amenazas sísmicas. En el cantón San Miguel, se podría aplicar un enfoque similar de indicadores y modelación estructural para identificar puntos débiles y proponer refuerzos. La experiencia en Managua subraya además la necesidad de integrar estrategias preventivas desde la planificación inicial, asegurando que las intervenciones consideren tanto la escala individual como el impacto comunitario.

Análisis De Vulnerabilidad Estructural Hotel Comercio

Según (Cárdenas Paredes, 2008) este análisis descrito en el documento resalta aspectos críticos aplicables a la plaza comercial 15 de mayo en Guaranda. Este tipo de estudio identifica elementos que determinan la dinámica estructural durante sismos tales como configuración geométrica, materiales usados, mantenimiento y entorno. Factores como la altura excesiva, configuración inadecuada y materiales mal conservados son comunes tanto en edificaciones históricas como modernas y pueden aumentar el riesgo estructural frente a un evento sísmico. La vulnerabilidad sísmica se basa directamente de cómo se distribuyen las cargas en la edificación, la calidad de los materiales y la interacción con el suelo. El caso del Hotel Comercio subraya que las fallas más críticas surgen por deficiencias en la configuración estructural o por la presencia de irregularidades que exacerban los movimientos sísmicos.

En un mercado como el de San Pablo de Atenas, el análisis debe incluir cargas dinámicas específicas derivadas del uso intensivo de espacios comerciales y garantizar que las ampliaciones o remodelaciones no comprometan la estabilidad. La metodología de evaluación de "Demanda vs. Resistencia" utilizada en el análisis del Hotel Comercio también es relevante para evaluar edificaciones modernas. Este enfoque permite

determinar las debilidades específicas ante las fuerzas sísmicas y plantear estrategias de mitigación como refuerzos estructurales, rediseño de componentes críticos y mejoras en el mantenimiento. En el caso de la plaza 15 de mayo, implementar tales medidas garantizaría una mayor seguridad y adaptabilidad a los requisitos sísmicos vigentes para el periodo 2024-2025

Índice de Vulnerabilidad Estructural, No Estructural y Funcional de las Edificaciones de Uso Turístico ante Sismos y Tsunamis.

Según (Aguilar & Rosales Rivera, 2019) el estudio desarrollado propone un Índice de Vulnerabilidad que evalúa tres componentes: estructural, no estructural y funcional, utilizando subcomponentes como el estado del edificio, las fundaciones y las estructuras tridimensionales. Este enfoque permite una clasificación detallada del nivel de vulnerabilidad (baja, media o alta) a través de un análisis ponderado basado en criterios de evaluación y la opinión de expertos. La metodología asegura un diagnóstico integral y práctico para mejorar la resiliencia ante sismos y tsunamis, identificando áreas críticas de mejora y estableciendo prioridades de acción.

La herramienta fue aplicada en 24 edificaciones turísticas, resultando en un 58% de vulnerabilidad media y un 41% baja. Estas cifras evidencian la necesidad de intervenciones específicas, particularmente en subcomponentes estructurales como cimientos y remodelaciones. Las estrategias de mejora varían desde soluciones de bajo costo, como señalización y mantenimiento preventivo, hasta inversiones mayores, como estudios geotécnicos y reforzamiento estructural. Esta metodología destaca la importancia de reducir la vulnerabilidad estructural para minimizar riesgos y garantizar la seguridad de las edificaciones.

La aplicación de la metodología al estudio de la vulnerabilidad estructural del mercado central San Pablo de Atenas ofrece un marco valioso para diagnosticar y

mitigar riesgos. Factores como el estado de los cimientos, la geometría del edificio y la resistencia de los materiales pueden ser evaluados bajo los criterios definidos en el Índice de Vulnerabilidad. Al integrar este enfoque con herramientas como CYPECAD, se puede modelar el comportamiento del mercado frente a sismos, priorizar intervenciones y proponer soluciones estructurales y no estructurales que fortalezcan su resiliencia ante eventos sísmicos.

“Evaluación estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta de reforzamiento de la institución Honrar la Vida D.M.Q.”,

En esta investigación (Aguilar Iza, 2015) reunió información mediante una visita preliminar, levantamiento estructural, ensayos no destructivos aplicando la metodología FEMA 154 con la información obtenida se elaboró un modelo matemático de la edificación en el software ETABS v9.7.4. los resultados mostraron deficiencias en la estructura se efectuó un análisis comparativo para determinar la opción más viable desde el punto económico y técnico.

El estudio de Aguilar tiene relación con el tema porque demuestra cómo un análisis detallado de estructuras mediante modelos matemáticos y herramientas computacionales puede revelar debilidades estructurales que requieren intervención esta resalta la relevancia de generar propuestas técnicas de reforzamiento que tengan en cuenta tanto los recursos disponibles como la preservación de la seguridad, aspectos igualmente importantes en el análisis estructural de cualquier edificación

2.3. Científico

2.3.1. Vulnerabilidad

Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.(Congreso de la República de Colombia., 2012)

Cardona entiende la vulnerabilidad como un elemento interno del riesgo, el cual se expresa matemáticamente como la probabilidad de que una persona o un sistema expuesto resulte impactado por el fenómeno que constituye la amenaza. (Darío Cardona, 2003)

Ilustración 3

Vulnerabilidad



Nota. Vulnerabilidad Física. Fuente: (Comunicaciones FAU, 2023)

2.3.1.1. Vulnerabilidad física

Está asociada con los asentamientos humanos ubicados en zonas de riesgo, así como las deficiencias de sus estructuras físicas para absorber el impacto de diversos eventos. En el caso de los sismos, la vulnerabilidad física está asociada con la localización de comunidades en cercanías a fallas geológicas activas, la falta de cumplimiento de reglamentos de construcción sismo resistente, el uso de materiales de baja calidad, entre otros. (Universidad Nacional Federico Villarreal., 2022)

Ilustración 4

Vulnerabilidad Física



Nota. Vulnerabilidad Física. Fuente: (Logo MAPFRE Global Risks, 2023)

2.3.1.2. Vulnerabilidad sísmica

Se denomina vulnerabilidad sísmica al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. De este modo las estructuras se pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico. (Bonett Díaz, R. L. (s/f).)

Ilustración 5

Vulnerabilidad sísmica



Nota. Vulnerabilidad sísmica. Fuente: (Navas-Sánchez et al., 2023)

2.3.1.3. Vulnerabilidad Estructural

Se refiere a que tan susceptibles a ser afectados o daños son los elementos estructurales de un edificación o estructura frente a las fuerzas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dicha estructura. Los elementos estructurales son aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y trasmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como las cargas provocadas por los sismos.

Entre estos elementos se encuentran columnas, vigas, diafragmas, mampostería, etc. (Bonett Díaz, R. L. (s/f).)

Ilustración 6

Vulnerabilidad estructural



Nota. Vulnerabilidad estructural. Fuente: (AJH Soluciones Integrales, Diseño Estructural Medellín, Ingenieros Calculistas Medellín, Ingeniería Civil Medellín, Ingenieros Consultores Medellín, Ingeniería Estructural, Construcción de Edificaciones Comerciales, Desarrollo Inmobiliario, Diseño Estructural Medellín, Construcción de Obras Civiles Medellín, Ingenieros Geólogos Medellín, Ingeniero Estructurales, 2025.)

2.3.1.4. Evaluación de la vulnerabilidad estructural

La evaluación de la vulnerabilidad estructural implica identificar y analizar las debilidades físicas de una estructura frente a eventos sísmicos mediante inspección visual, modelado computacional o métodos normativos. Este proceso permite determinar el nivel de riesgo y establecer medidas de mitigación adecuadas. (Herrera, R. I., Vielma, J. C., & Pujades, L. G., 2015)

Ilustración 7

Evaluación de la vulnerabilidad



Nota. Evaluación de la vulnerabilidad. Fuente: (*Evaluación de Vulnerabilidad: Qué Es y Cómo Realizarla*, 2022)

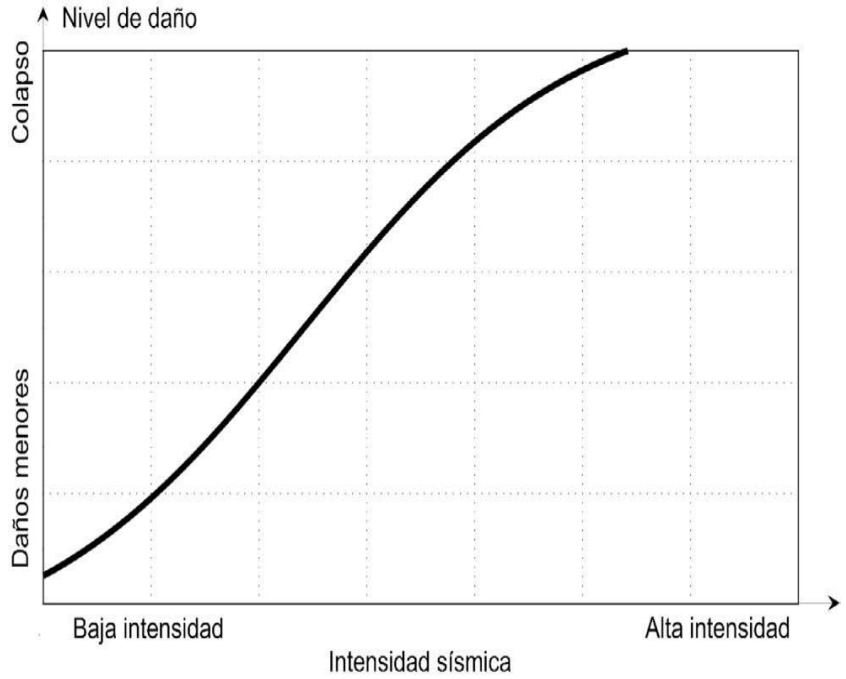
2.3.1.5. Vulnerabilidad Física en edificaciones

Gavarini describe la vulnerabilidad como el nivel de "debilidad" de un edificio ante un sismo de una intensidad determinada, de manera que las correspondencias entre la vulnerabilidad e intensidad sísmica permiten obtener una función teórica de daño (Figura Se concluye entonces que la caracterización de la intensidad del fenómeno perturbador (terremoto) y de la vulnerabilidad de los sistemas son fundamentales para

perfilar escenarios potenciales de pérdidas. (Ramírez Eudave, R., & Ferreira, T. M., 2024)

Ilustración 8

Intensidad Sísmica



Nota. Intensidad sísmica. Fuente**:** Ramírez Eudave & Ferreira

2.3.1.6. Factores de la vulnerabilidad estructural

Los factores que inciden en la vulnerabilidad de las edificaciones

a) Factores Geológicos: Sismicidad de la zona, magnitud del terremoto, fallamiento superficial, características geotectónicas locales, interacción suelo-estructura, amplitud y duraciones de las sacudidas fuertes del terreno, asentamiento del terreno, licuefacción del suelo, inestabilidad de taludes, avalanchas, tsunamis. (Aroca, G. B. , 2018)

Ilustración 9

Factores de la vulnerabilidad estructural



Nota. Factores de la vulnerabilidad estructural. Fuente: (Victoria Munilla, 2023)

b) Factores Estructurales: Incluyen la tipología de la estructura y las propiedades de los materiales empleados (acero, hormigón armado, madera, mampostería, entre otros). También abarcan errores en la estimación de cargas, fallas en el análisis o en el diseño estructural, la limitada ductilidad, problemas de torsión, presencia de irregularidades de rigidez como pisos blandos o columnas cortas, deformaciones laterales superiores a lo permitido entre pisos consecutivos, distribución desigual de masas y rigideces, geometrías irregulares en planta, así como deficiencias en los detalles de refuerzo en nudos y elementos. Otro aspecto es el riesgo de impacto o colindancia entre edificaciones vecinas.

c) Factores Arquitectónicos: Se relacionan con configuraciones geométricas irregulares en planta o en elevación, así como con condicionantes urbanísticos como retiros, alturas o porcentajes de construcción. También se consideran las grandes luces con escaso número de columnas, una distribución inadecuada de los elementos de fachada, el uso indiscriminado de materiales inflamables, la excesiva presencia de

ductos, la ubicación asimétrica de escaleras y ascensores, la carencia o deficiencia en los sistemas de evacuación y la disposición desordenada de tabiques.

d) Factores Constructivos: Se asocian a la mala ejecución de los encofrados, la baja calidad de los materiales, la insuficiente protección contra incendios o la incompatibilidad entre materiales empleados. Asimismo, influyen la falta de inspecciones adecuadas, errores de la mano de obra, uniones defectuosas de elementos prefabricados, deficiencias en las conexiones entre tabiques de mampostería y la estructura principal, soldaduras de mala calidad, problemas en el vaciado y curado del concreto, refuerzos inadecuados en juntas y conexiones, carencia de recubrimiento que favorece la corrosión, conexiones metálicas ineficientes y anclajes inseguros de equipos críticos (como médicos y hospitalarios). También se incluyen las remodelaciones no controladas que implican la eliminación parcial o total de paredes internas, ejecutadas por propietarios en viviendas o locales comerciales.

Ilustración 10

Factores constructivos



Nota. Factores constructivos. Fuente: (*Riesgo Por La Actividad de La Construcción - IDIGER*, 2024)

e) Factores Socio-económicos: Se considera como factores de vulnerabilidad el cambio en el uso original de la edificación, la utilización de materiales inadecuados para resistir sismos y la carencia tanto de información como de sistemas de alerta temprana. También influyen la insuficiente capacitación de la población, la remuneración poco adecuada de los profesionales responsables del diseño estructural, la construcción de viviendas de escasos recursos que no cumplen con las condiciones para zonas sísmicas, así como las limitaciones derivadas de las ordenanzas locales vigentes y de la falta de recursos económicos(Carlos et al., 2017)

Ilustración 11

Factores Socio-económicos



Nota. Factores Socio-económicos. Fuente: (*Expertos Analizan La Vulnerabilidad Socioeconómica Como Factor de Riesgo Frente a Eventos de Desastre - Universidad de Chile*, 2023)

2.3.2. Rapid Visual Screening (FEMA 154)

De acuerdo con la *Federal Emergency Management Agency* (FEMA, 2002), el método presentado en la publicación FEMA 154, denominado *Rapid Visual Screening* (RVS) o *Detección Visual Rápida,* fue diseñado para identificar, inventariar y clasificar edificaciones con posible vulnerabilidad sísmica. Este procedimiento fue elaborado por un equipo multidisciplinario conformado por funcionarios e inspectores de edificaciones públicas, entidades gubernamentales, profesionales del diseño, propietarios de inmuebles privados y académicos, quienes emplean el RVS como herramienta tanto de trabajo como de investigación.

El método tiene la ventaja de poder aplicarse de manera rápida y económica, lo que permite elaborar un listado preliminar de edificios con riesgo potencial frente a sismos, sin necesidad de realizar costosos análisis estructurales detallados en cada caso.

En este sistema, un puntaje elevado (por encima del límite establecido) indica que la edificación posee un nivel aceptable de resistencia sísmica. En cambio, un puntaje bajo señala la necesidad de que el inmueble sea evaluado con mayor profundidad por un ingeniero especializado en diseño sísmico. Con base en la inspección detallada, los cálculos de ingeniería y otras evaluaciones técnicas, se emite finalmente un informe que determina la capacidad estructural del edificio y, en caso necesario, las acciones de rehabilitación recomendadas.(FEMA P-154, 2015)

2.3.3. Tipología del sistema estructural

En la guía para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras los tipos de estructuras que se presentan en la mayoría del territorio ecuatoriano se los ha dividido en 13 grupos para este sistema de evaluación y se los presenta a continuación con sus respectivos códigos.(MIDUVI, 2020)

Ilustración 12

Tipología estructural

TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL					
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frio	S3
Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX			Pórtico Acero Laminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

Nota. Tipología estructural. Fuente: (MIDUVI, 2020)

2.3.3.1. Puntajes Básicos, Modificadores y puntaje final S

Ilustración 13

Puntajes básicos, modificadores y puntaje final S

PUNTAJES BASICOS, 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
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
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-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
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de1977) 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
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	-0.4	-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	-0.8

Nota. Puntajes Básicos, Modificadores y puntaje final S. Fuente: (MIDUVI, 2020)

2.3.3.2. Tipologías estructurales

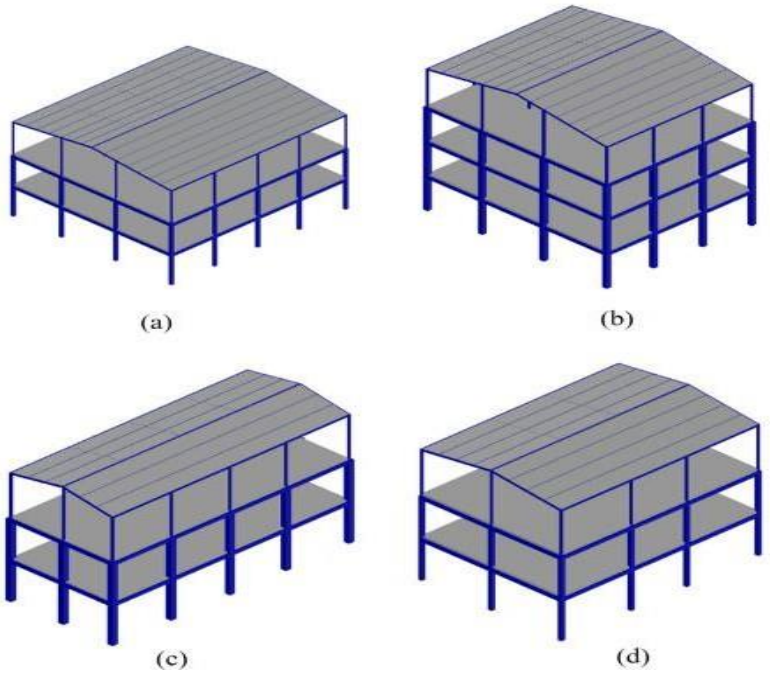
Las tipologías estructurales más vulnerables son aquellas que, por sus características de diseño, materiales empleados y técnicas constructivas, presentan mayor probabilidad de sufrir daños en caso de un sismo. Entre ellas se encuentran:

- Mampostería no reforzada: Edificaciones levantadas con ladrillos o bloques sin un sistema de refuerzo apropiado. La baja ductilidad y su limitada resistencia a la tracción hacen que este tipo de estructuras sea altamente frágil frente a movimientos sísmicos (Biass et al., 2024).
- Construcciones de adobe o tapial: Muy frecuentes en zonas rurales o con escasa infraestructura. Su reducida resistencia a la compresión y la ausencia de refuerzos horizontales las convierten en edificaciones particularmente sensibles a fracturas durante los sismos (Cárdenas-Haro, 2021).

- Estructuras con irregularidades: Aquellas edificaciones que presentan irregularidades tanto en planta como en altura (como distribuciones asimétricas o desniveles marcados), suelen concentrar esfuerzos durante un terremoto, lo que incrementa el riesgo de colapso (FEMA P-154, 2015).
- Construcciones de madera sin tratamiento adecuado: Aunque la madera puede ofrecer buen desempeño estructural, la falta de un tratamiento preventivo frente a la humedad, insectos u otros agentes de deterioro compromete su durabilidad y capacidad para resistir movimientos sísmicos (Bravo Ochoa et al., 2016).

Ilustración 14

Tipologías estructurales



Nota. Tipologías estructurales. Fuente: (Edwin P. Duque et al., 2022)

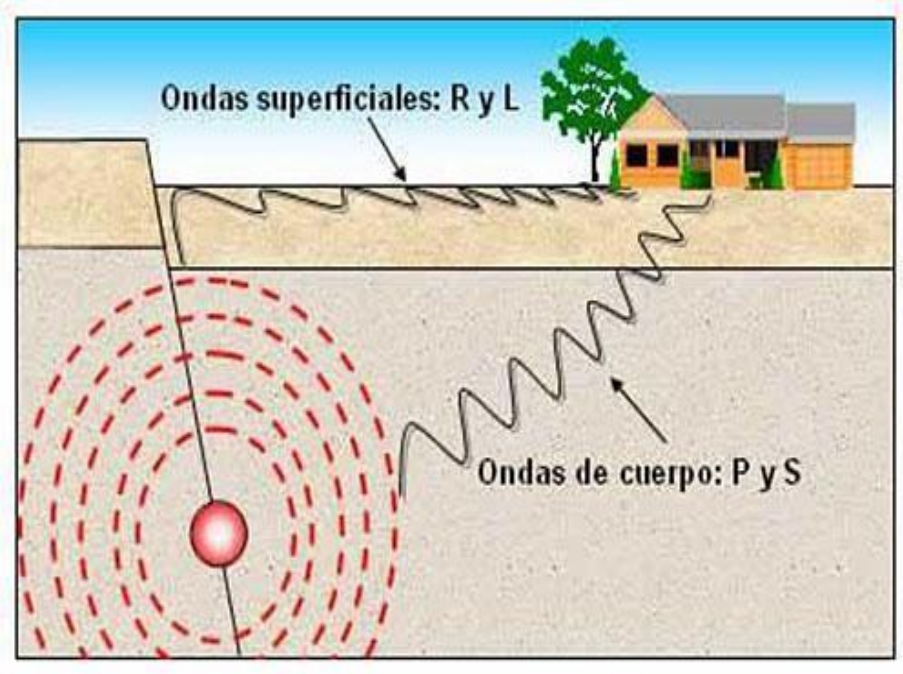
2.3.4. Sismos

Los sismos son movimientos vibratorios de la superficie terrestre producidos por la propagación de diferentes tipos de ondas en el interior o en la corteza del planeta. Los términos terremoto o temblor se utilizan comúnmente como sinónimos.

Estos fenómenos se originan porque la Tierra está recubierta por la litosfera, una capa rocosa de hasta 100 km de espesor que se encuentra dividida en grandes bloques conocidos como placas tectónicas. El desplazamiento de estas placas provoca acumulación de esfuerzos en sus bordes de contacto debido a la fricción que limita su movimiento relativo. Cuando las tensiones superan la resistencia de las rocas o se vencen las fuerzas de fricción, ocurre una ruptura súbita que libera de forma repentina la energía acumulada, generando así el sismo.

Ilustración

15 Sismos



Nota. Tipologías estructurales. Fuente: (Edwin P. Duque et al., 2022) Fuente: (Aguilar E, 2019)

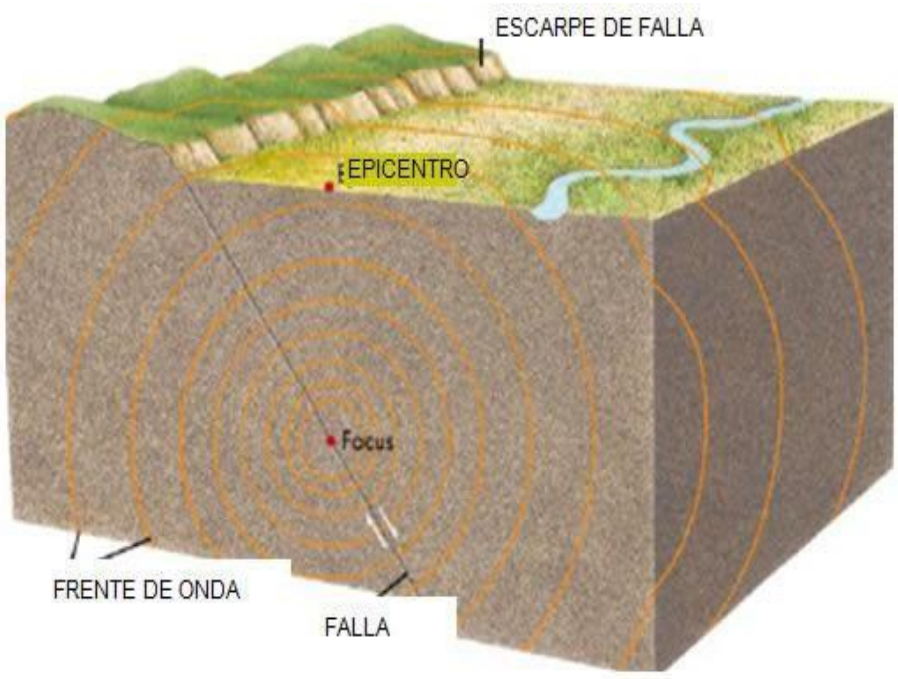
2.3.4.1. Causas

Aunque la interacción entre Placas Tectónicas es la principal causa de los sismos no es la única. Cualquier proceso que pueda lograr grandes concentraciones de energía en las rocas puede generar sismos cuyo tamaño dependerá, entre otros factores, de qué tan grande sea la zona de concentración del esfuerzo. Las causas más generales se pueden enumeran según su orden de importancia en: (Castorena, V. H. E, 2025)

- TECTÓNICA: son los sismos que se originan por el desplazamiento de las placas tectónicas que conforman la corteza, afectan grandes extensiones y es la causa que más genera sismos.

Ilustración 16

Tectónica

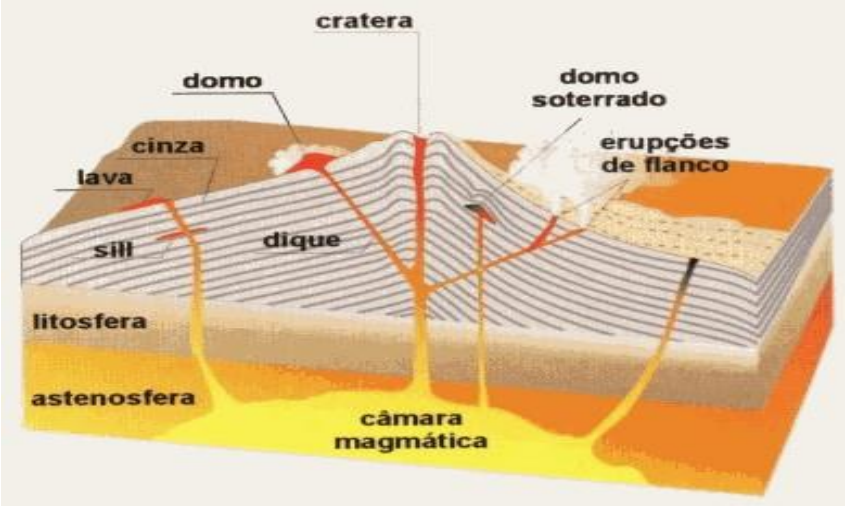


Nota. Tectónica. Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2017a)

- VOLCÁNICA: es poco frecuente; cuando la erupción es violenta genera grandes sacudidas que afectan sobre todo a los lugares cercanos, pero a pesar de ello su campo de acción es reducido en comparación con los de origen tectónico. (Castorena, V. H. E, 2025)

Ilustración 17

Volcánico

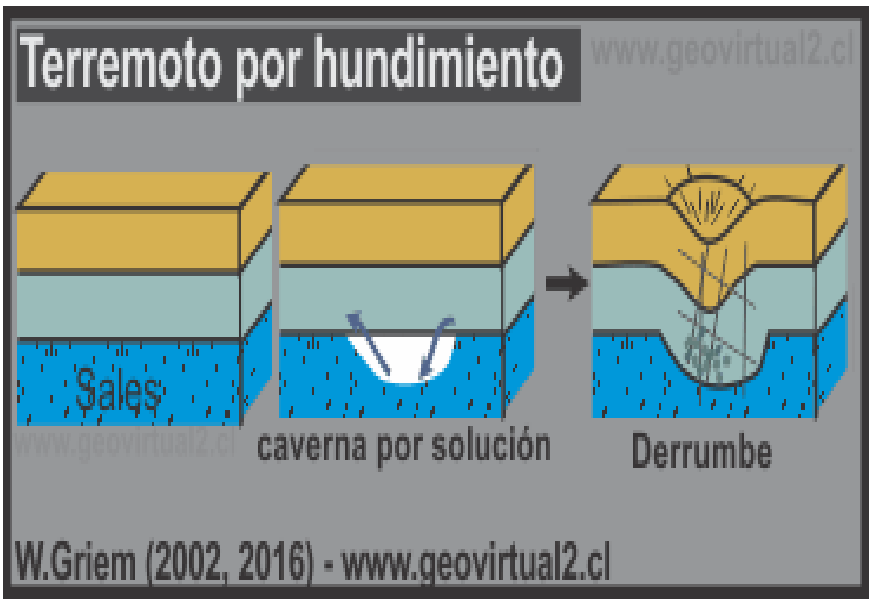


Nota. Volcánico. Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2017a)

- HUNDIMIENTO: cuando al interior de la corteza se ha producido la acción erosiva de las aguas subterráneas, va dejando un vacío, el cual termina por ceder ante el peso de la parte superior. Es esta caída que genera vibraciones conocidas como sismos. Su ocurrencia es poco frecuente y de poca extensión. (Castorena, V. H. E, 2025)

Ilustración 18

Terremoto por Hundimiento

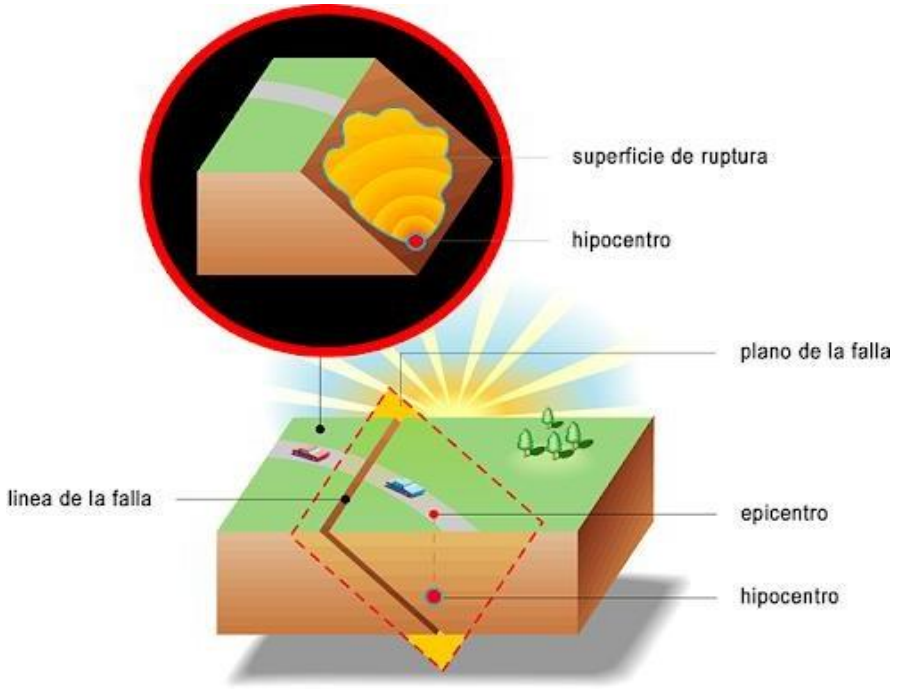


Nota. Terremoto por Hundimiento. Fuente: (Dr. Wolfgang Griem, 2020)

- DESLIZAMIENTOS: el propio peso de las montañas es una fuerza enorme que tiende a aplanarlas y que puede producir sismos al ocasionar deslizamientos a lo largo de fallas, pero generalmente no son de gran magnitud. (Castorena, V. H. E, 2025)

Ilustración 19

Deslizamientos



Nota. Deslizamientos. Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2017b)

- EXPLOSIONES ATÓMICAS: realizadas por el ser humano y que al parecer tienen una relación con los movimientos sísmicos.

Cuando una roca es sometida a esfuerzos, su respuesta dependerá tanto del tipo de material como de las condiciones de temperatura y presión en las que se encuentre. En esas circunstancias, puede comportarse de manera elástica o plástica.

La elasticidad es una propiedad de los sólidos que les permite recuperar su forma original una vez que cesa la fuerza que los deformó. Sin embargo, si la tensión se mantiene durante un tiempo prolongado, la deformación pasa a ser permanente, es decir, el material comienza a “fluir” de forma plástica. Por lo tanto, que un material actúe

como rígido y elástico o como fluido depende de la intensidad de la fuerza aplicada y del tiempo durante el cual se mantiene.

2.3.4.2. Sismicidad en Ecuador y la Región Andina

Ecuador está situado en una de las zonas de mayor actividad sísmica del mundo, debido a la interacción de las placas tectónicas Nazca y Sudamericana.

Según el Instituto Geofísico (2023), la región de la Sierra Central, donde se encuentra Guaranda, tiene una alta probabilidad de eventos sísmicos moderados a severos.

Estudios como los de Yepes et al. (2016) destacan que el historial sísmico de la zona debe ser un factor clave en el diseño y evaluación estructural. (Yepes, H., Beauval, C., Segovia, M., Alvarado, A., Palacios, P., & Vaca, S., 2016)

2.3.4.3. Sistemas de alerta sísmica

Los Sistemas de Alerta Sísmica (SAS) implementados en diversos países permiten detectar el inicio de un sismo cercano a su epicentro gracias a la diferencia en la velocidad de propagación de las ondas sísmicas y las señales eléctricas, así como a la distancia entre el foco del evento y las zonas que se busca proteger. La efectividad de esta tecnología depende de procesos como la detección del movimiento, la estimación de su magnitud y la notificación oportuna a la población en riesgo, etapas que siempre implican cierto margen de error. Estos sistemas pueden ofrecer, mediante medios como la radio o la televisión, un aviso previo de algunos segundos —en ocasiones hasta cerca de un minuto— antes de que se perciban los efectos de un terremoto de magnitud considerable

(Veracruz Centro, 2022)

2.3.4.4. Ondas Sísmicas

Las ondas sísmicas representan la energía liberada durante un terremoto y se propagan desde el punto de origen en todas direcciones. Cada tipo de onda viaja a distintas velocidades y su comportamiento varía según el material por el que se desplazan. Aunque todas pueden transmitirse a través de la roca, no todas logran hacerlo en líquidos o gases. El estudio de estas ondas permite a los geólogos comprender mejor tanto la naturaleza de los sismos como la estructura interna de la Tierra.

2.3.4.5. Estructura de la Onda

Las ondas sísmicas son solo un tipo de onda. El sonido y la luz también viajan en ondas. Cada onda tiene un punto alto llamado cresta y un punto bajo llamado valle. La altura de una onda, desde la línea del centro hasta su cresta es la amplitud. La distancia horizontal entre las ondas de cresta a cresta (o de valle a valle) es la longitud de la onda (Britannica, T. Editors of Encyclopaedia. (s. f.)., s.f.)

2.3.4.6. Tipos de Ondas Sísmicas

Hay dos tipos principales de ondas sísmicas. Ondas de cuerpo viajan a través del interior de la Tierra. Las ondas superficiales viajan a lo largo de la superficie terrestre. En un terremoto, las ondas de cuerpo son responsables por las sacudidas agudas. Las ondas superiores son responsables por los movimientos ondulantes que causan el mayor daño en un terremoto.

Ondas de cuerpo

Las ondas primarias (ondas P) y ondas secundarias (ondas S) son los dos tipos de ondas de cuerpo (véase imagen siguiente). Las ondas de cuerpo se mueven a diferentes velocidades a través de diferentes materiales.

Las ondas P son más rápidas. Viajan de 6 a 7 kilómetros por segundo (aproximadamente 4 millas). Las ondas primarias se llaman así por qué son las primeras

en ser detectadas por un sismómetro. Las ondas P aprietan y sueltan rocas a medida que viajan. El material vuelve a su forma y tamaño original luego de que la onda-P haya pasado. Es por ello, que estas ondas no son las más dañinas en un terremoto. Las ondas P viajan a través de sólidos, líquidos y gases.

Las ondas S son más lentas que las ondas P. Son las segundas en ser detectadas por un sismógrafo. Las ondas S se mueven hacia arriba y abajo. No cambian la forma de las rocas cuando viajan. Las ondas S son la mitad de rápidas que las ondas P, cerca de 3,5 km (2 millas) por segundo. Las ondas S solo se pueden mover a través de sólidos. Esto se debe a que los líquidos y gases no resisten un cambio de forma. (Science Learning Hub, University of Waikato., 2007)

2.3.5. Identificación del tipo de suelo.

El tipo de suelo tiene una influencia importante en la amplitud y duración de la agitación y, por tanto, daño estructural. En términos generales, cuanto más profundos son los suelos de un sitio, Más dañino será el movimiento sísmico. Los Seis tipos de suelos considerados en el procedimiento RVS son roca dura (tipo A); roca media (tipo B); suelo denso (tipo C), suelo rígido (tipo D); suelo suave (tipo E) y suelo pobre (tipo F). Edificios en Tipo de suelo F no puede ser rastreado eficazmente por el procedimiento RVS, con excepción si los Edificios sobre este tipo de suelo son evaluados por un ingeniero geotécnico y profesional experimentado en el diseño sísmico. (Federal Emergency Management Agency (FEMA)., 2002)

2.3.6. escalas sísmicas

2.3.6.1. Escala de magnitud o de Richter

Fue ideada en 1935 por el sismólogo Charles Richter y los valores van de 1 al extremo abierto. La medición es cuantitativa, mide la energía sísmica liberada en cada sismo independientemente de la intensidad. Se basa en la amplitud de la onda registrada

en un sismograma. Es la manera más conocida y más ampliamente utilizada para clasificar los sismos. Teóricamente no tiene límite, pero un 9 en esta escala equivaldría a un Grado XII de Mercalli, es decir "destrucción total". El mayor terremoto en la historia conocida, tuvo lugar en Chile, en 1960, alcanzando los 9.5 grados Richter. (Escalas de Los Sismos, 2021.)

Tabla 1

Escala de magnitud o de Richter

Magnitud, escala Richter	***Efectos del sismo o terremoto***
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5-5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5-6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1-6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente
7.0-7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas

Nota. Escala de magnitud o de Richter. Fuente: (Escalas de Los Sismos, 2011.)

2.3.6.2. Escala de Mercalli

El valor de intensidad de Mercalli modificada asignado a un sitio específico después de un terremoto tiene una medida de severidad más significativa para el no científico que la magnitud porque la intensidad se refiere a los efectos realmente experimentados en ese lugar.

Los valores más bajos de la escala de intensidad generalmente se refieren a cómo las personas sienten el terremoto. Los valores más altos se basan en el daño estructural observado. Los ingenieros estructurales suelen aportar información para

asignar valores de intensidad de VIII o superiores. (Servicio Geológico de Estados Unidos, 2012)

Tabla 2

Escala de Mercalli

Grado	**Descripción**
I - Muy débil.	Imperceptible para la mayoría de las personas, excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0,5 Gal.
II - Débil.	Perceptible solo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0,5 y 2,5 Gal.
III - Leve.	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo perciben como un terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2,5 y 6,0 Gal.
IV - Moderado.	Perceptible para la mayoría de las personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6,0 y 10 Gal.

V- Poco fuerte.	Sacudida sentida casi por todo el país o zona, y algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen los relojes de péndulo. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
VI - Fuerte.	Sacudida sentida por todo el país o zona. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
VII - Muy fuerte.	Ponerse de pie es difícil. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
VIII - Destructivo.	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles derrumbes. Serios daños en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.

IX - Muy destructivo.	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Graves daños en importantes edificios, con derrumbes parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
X - Desastroso.	Algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y de marco quedan destruidas con sus bases. Vías ferroviarias dobladas. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
XI - Muy desastroso.	Pocas estructuras de mampostería, si las hubiera, permanecen en pie. Puentes destruidos. Vías ferroviarias curvadas en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
XII - Extremo.	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados. Imposibilidad de mantenerse en pie.

Fuente: (Servicio Geológico de Estados Unidos, 2012.)

2.3.7. Zonas de subducción

En las zonas de subducción es en donde se registran los temblores más profundos. A lo largo de las trincheras generalmente existe una gran cantidad de sismos, delimitando una zona que se conoce como “zona de Benioff”. Las trincheras, en sí, se asocian a una gran cantidad de sismos y volcanes.(Servicio Geológico Mexicano, 2017c).

2.4 Marco legal

2.4.1 MARCO DE SENDAI

El Marco de Sendai se enfoca en adoptar medidas sobre las tres dimensiones del riesgo de desastre (exposición a amenazas, vulnerabilidad y capacidad, y características de las amenazas) para poder prevenir la creación de nuevos riesgos, para reducir los riesgos existentes y para aumentar la resiliencia.

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

Las inversiones públicas y privadas para la prevención y reducción del riesgo de desastres mediante medidas estructurales y no estructurales son esenciales para aumentar la resiliencia económica, social, sanitaria y cultural de las personas, las comunidades, los países y sus bienes, así como del medio ambiente. Estos factores pueden impulsar la innovación, el crecimiento y la creación de empleo. Esas medidas son eficaces en función del costo y fundamentales para salvar vidas, prevenir y reducir las pérdidas y asegurar la recuperación y rehabilitación efectivas.

Niveles nacional y local

Para lograr lo anterior es importante:

a) Asignar los recursos necesarios, incluidos recursos financieros y logísticos, como corresponda, a todos los niveles de la administración para desarrollar y poner en práctica estrategias, políticas, planes, leyes y reglamentos para la reducción del riesgo de desastres en todos los sectores pertinentes;

b) Promover mecanismos para transferencia y seguros del riesgo de desastres distribución y retención de riesgos y protección financiera, como corresponda, para las inversiones tanto públicas como privadas a fin de reducir las consecuencias financieras de los desastres para los gobiernos y las sociedades, en zonas urbanas y rurales;

c) Potenciar, como corresponda, las inversiones públicas y privadas para la resiliencia los desastres, en particular a través de lo siguiente: medidas estructurales, no estructurales y funcionales para la prevención y reducción del riesgo de desastres en instalaciones vitales, en particular escuelas y hospitales e infraestructura física; mejora de la construcción desde el principio para resistir las amenazas mediante técnicas de diseño y construcción adecuadas que incluyan los principios de diseño universal y la normalización de los materiales de construcción; el reforzamiento y la reconstrucción; el fomento de una cultura de mantenimiento; y la toma en consideración de las evaluaciones del impacto económico, social, estructural, tecnológico y ambiental;

e) Promover la resiliencia al riesgo de desastres de los lugares de trabajo mediante medidas estructurales y no estructurales

f) Promover la incorporación de las evaluaciones del riesgo de desastres en la elaboración y aplicación de políticas territoriales, incluidas la planificación urbana, las evaluaciones de la degradación de las tierras y las viviendas informales y no permanentes, y el uso de directrices y herramientas de seguimiento basadas en los cambios demográficos y ambientales previstos;

g) Promover la incorporación de la evaluación, la representación cartográfica y la gestión del riesgo de desastres en la planificación y gestión del desarrollo rural de, entre otras cosas, las montañas, los ríos, las llanuras costeras inundables, las tierras áridas, los humedales y todas las demás zonas propensas a sequías e inundaciones, incluso determinando las zonas que son seguras para los asentamientos humanos y preservando al mismo tiempo las funciones de los ecosistemas que contribuyen a reducir los riesgos;

h) Alentar la revisión de los códigos y normas de edificación y las prácticas de rehabilitación y reconstrucción existentes, o el desarrollo de nuevos códigos, normas y

prácticas, a nivel nacional o local, como corresponda, con el objetivo de facilitar su aplicación en el contexto local, en particular en los asentamientos humanos informales y marginales, y reforzar la capacidad para implementar, supervisar y hacer cumplir esos códigos, mediante un enfoque adecuado, con miras a promover estructuras resistentes a los desastres;

j) Fortalecer el diseño y la aplicación de políticas inclusivas y mecanismos de protección social, incluso mediante la implicación comunitaria, integrados con programas para mejorar los medios de vida, y el acceso a servicios sanitarios básicos, incluso de salud materna, neonatal e infantil, salud sexual y reproductiva, seguridad alimentaria y nutrición, vivienda y educación, con el fin de erradicar la pobreza, encontrar soluciones duraderas en la fase posterior a los desastres y empoderar y ayudar a las personas afectadas de manera desproporcionada por los desastres;

m) Promover, como corresponda, la integración de consideraciones y medidas de reducción del riesgo de desastres en los instrumentos financieros y fiscales;

o) Aumentar la resiliencia de las operaciones comerciales y la protección de los medios de vida y los bienes de producción en todas las cadenas de suministro, asegurar la continuidad de los servicios e integrar la gestión del riesgo de desastres en los modelos y prácticas comerciales;

p) Reforzar la protección de los medios de vida y los bienes de producción, incluidos el ganado, los animales de labor, los aperos y las semillas. (*Marco de Sendai Para La Reducción Del Riesgo de Desastres 2015-2030*, 2015)

2.4.2. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Gestión de riesgos y seguridad

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

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

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

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

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

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

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

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

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

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones

dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.(CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)(CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

2.4.3. LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO

La ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo - LOOTUGS en su Disposición transitoria décimo primera indica que:

"Los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales y metropolitanos realizarán en el plazo de un año una evaluación de las infraestructuras, edificaciones y construcciones existentes en su jurisdicción, en especial las de alta concurrencia de personas, según los parámetros establecidos por el Consejo Técnico, con la finalidad de determinar aquellas que incumplan con las normas sobre construcción y riesgo. En caso de determinar incumplimientos que pongan en peligro dichas estructuras frente a fenómenos naturales se declararán en ruina y se aplicará lo dispuesto en el artículo 82,

numeral 2 de esta Ley. En el caso de incumplimiento de esta obligación el ente rector nacional realizará dicha evaluación a costa del Gobierno Autónomo Descentralizado municipal o metropolitano. Para el efecto se aplicará el procedimiento de intervención regulado en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.

Esa misma obligación tendrá el Gobierno Central en el plazo de un año en todas las infraestructuras, edificaciones y construcciones de las instituciones públicas, en especial las de alta concurrencia de personas, que se ubiquen en zonas rurales o sean parte de los sectores estratégicos, según los parámetros establecidos por el Consejo Técnico. En caso de determinar incumplimientos que pongan en peligro dichas estructuras frente a fenómenos naturales se adoptarán las medidas necesarias para remediarlos y de no ser posible se dispondrá su derrocamiento.

En el caso que el Gobierno Central o los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales o metropolitanos incumplan los plazos antes indicados incurrirán en la infracción contemplada en el artículo 108 numerales 5 y 6, respectivamente."(Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)

2.3.4. LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC)

Establece criterios técnicos y normativos para garantizar la seguridad, funcionalidad y calidad de las edificaciones en Ecuador.

1. NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)

Establece los tipos de cargas que deben considerarse en el diseño estructural, como cargas muertas, cargas vivas, cargas por viento y cargas accidentales. Se utiliza para calcular las acciones no sísmicas que afectan una estructura, asegurando su capacidad para soportarlas sin fallas.

2. NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente Parte 1

Definir los criterios para la evaluación del peligro sísmico en el diseño estructural. Proporciona mapas de zonificación sísmica y establece espectros de diseño según las características del suelo.

3. NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente Parte 2

Especificar los parámetros para el diseño sísmico de estructuras en función de su ductilidad y factores de reducción. Utilizada en el análisis de estructuras para garantizar su comportamiento seguro ante movimientos sísmicos.

4. NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente Parte 3

Establece procedimientos específicos para el diseño estructural de elementos no estructurales. Garantiza que los elementos secundarios, como equipos o acabados, no representan un riesgo en un sismo.

5. NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente Parte 4

Describir requisitos especiales para estructuras con irregularidades significativas o sistemas complejos. Aborda casos particulares que requieren análisis avanzado.

6. NEC-SE-RE: Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras

Establecer pautas para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras existentes y proponer intervenciones de rehabilitación. Utilizada en proyectos de reforzamiento estructural y adecuaciones de edificaciones antiguas o dañadas.

7. NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones

Proporcionar criterios para el diseño de cimentaciones, considerando las propiedades del suelo. Se emplea en el análisis del comportamiento del terreno y la elección adecuada de cimentaciones, como zapatas, pilotes o losas.

8. NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado

Definir las normas para el diseño y construcción de elementos estructurales en hormigón armado. Se utiliza en la construcción de vigas, columnas, losas y otros elementos de concreto reforzado.

9. NEC-SE-AC: Estructuras de Acero

Especificar los requisitos para el diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero. Usada en proyectos que requieren elementos metálicos, como edificios industriales o puentes.

10. NEC-SE-MP: Mampostería Estructural

Establece criterios para el diseño y construcción de muros de mampostería con función estructural. Se aplica en viviendas y edificaciones pequeñas que usan ladrillos o bloques como parte del sistema resistente.

11. NEC-SE-MD: Estructuras de Madera

Proporcionar criterios para el diseño de estructuras hechas de madera. Usada en edificaciones tradicionales y rurales, asegurando su estabilidad y seguridad.

12-15. NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m (Partes 1-4)

Normas específicas para viviendas de baja altura, estableciendo pautas de diseño y construcción seguras. Se emplea para garantizar la calidad y seguridad de viviendas unifamiliares o bifamiliares con luces limitadas. (MIDUVI, 2023)

2.5 Definición de términos

Amenaza: Es un proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales

Aceleración sísmica: Movimiento del terreno debido a un sismo, expresado en términos de aceleración gravitatoria (g).

Análisis estructural: Evaluación del comportamiento de una edificación bajo la acción de diferentes cargas, incluyendo las fuerzas sísmicas.

Carga sísmica: Fuerza dinámica ejercida sobre una estructura debido a un movimiento sísmico.

Centro de masa: Punto en una estructura donde se considera que está concentrada toda su masa.

CYPECAD: Software especializado en análisis y diseño estructural de edificaciones sometidas a cargas sísmicas.

Desastre: Es una interrupción grave en el funcionamiento de la comunidad en alguna escala, debido a la interacción de eventos peligrosos con las condiciones de exposición y vulnerabilidad que conlleven a pérdidas o impactos de alguno de los siguientes tipos: humanos,
Materiales, económicos o ambientales que requiere atención del Estado centra

Deriva entre pisos: Diferencia de desplazamiento lateral entre dos niveles consecutivos de una estructura.

Desplazamiento lateral: Movimiento horizontal que experimenta una estructura durante un sismo.

Ductilidad: Capacidad de una estructura para deformarse significativamente antes de colapsar.

Edificación crítica: Construcción que, debido a su función o uso, requiere especial atención para garantizar la seguridad estructural.

Estado de conservación: Condición física de una estructura, determinada por el nivel de deterioro de sus materiales y componentes.

Hormigón armado: Es un bloque reforzado en su interior por una armadura de barras de hierro o acero, utilizado para que la estructuras resistan a los esfuerzos de tracción.

Licuefacción del suelo: Fenómeno en el que el suelo pierde rigidez y resistencia debido a la vibración generada por un sismo.

Mitigación de riesgos: Conjunto de acciones destinadas a reducir el impacto de fenómenos sísmicos sobre estructuras y personas.

Modelo estructural: Representación matemática y tridimensional de una estructura para simular su comportamiento ante cargas.

Rigidez estructural: Capacidad de una estructura para resistir deformaciones bajo cargas externas.

Sismo: Movimiento de la corteza terrestre causado por la liberación de energía acumulada en las fallas tectónicas.

Vulnerabilidad: Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas

Vulnerabilidad estructural: Predisposición de una edificación a sufrir daños o colapsar ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico.

Zonificación sísmica: División territorial que clasifica las regiones según su nivel de amenaza sísmica.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

La presente se clasifica como descriptiva, de campo y no experimental

Investigación Descriptiva: El estudio busca caracterizar y analizar las condiciones estructurales del mercado San Pablo de Atenas en términos de su vulnerabilidad frente a sismos, identificando elementos estructurales críticos y factores de riesgo.

Investigación de campo: La investigación de campo se entiende como una técnica que permite obtener información directamente de los fenómenos en su contexto natural, mediante la observación sistemática y el registro de datos que reflejan la realidad estudiada (Pérez León Gabriel, 2023).

Esta investigación recoge directamente en el lugar de estudio, es decir, en las instalaciones del Mercado San Pablo de Atenas. La observación in situ, la revisión de planos, el uso de fichas de evaluación (como FEMA-154) y el modelamiento estructural permiten obtener información precisa de la edificación en su contexto natural, garantizando que el análisis refleje fielmente la realidad constructiva del inmueble.

Investigación no Experimental: se caracteriza por observar y analizar los fenómenos en su contexto natural sin intervenir en ellos. En este tipo de estudio no se alteran las condiciones ni se manipulan las variables, limitándose a describir y comprender lo que ocurre de manera espontánea (“Investigación no experimental,” 2013).

Dado que no se manipulan las condiciones del mercado ni las variables relacionadas con la amenaza sísmica. Los fenómenos estructurales y sísmicos se

analizan en las condiciones en que se encuentran en su contexto natural, sin intervenir en ellos

3.2. Enfoque de la investigación

Cuantitativo: se basa en la recopilación, procesamiento y análisis de datos estructurales y sísmicos mediante herramientas matemáticas y software especializado, como CYPECAD. Este enfoque permite modelar el comportamiento de la edificación bajo distintas cargas sísmicas y evaluar parámetros como desplazamientos, esfuerzos y resistencia.

Los datos obtenidos se analizan estadísticamente para identificar el nivel de vulnerabilidad estructural del mercado San Pablo de Atenas. El enfoque cuantitativo asegura la objetividad y la replicabilidad de los resultados, lo que es fundamental en un análisis estructural de esta naturaleza.

Cualitativo: permitirá definir, identificar y analizar las variables relacionadas con el comportamiento de los elementos estructurales y su respuesta frente a eventos adversos.

En este sentido el formulario FEMA 154 tiene como propósito la inspección de los aspectos fundamentales de la edificación que resultan indispensables para evaluar su vulnerabilidad sísmica, entre los que se incluye:

- Tipología estructural
- Ocupación
- Altura
- Irregularidades
- Cumplimiento del código de la construcción
- condiciones del suelo

Una vez determinadas estas características del edificio se procede a identificar el parámetro con mayor susceptibilidad de colapso ante la ocurrencia de un sismo.

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Para el levantamiento de información del mercado central San Pablo de Atenas se emplearon diversas herramientas e instrumentos descritos continuación:

Observación directa con el fin de identificar el estado actual del edificio en relación con su vulnerabilidad sísmica, utilizando como guía el Formulario FEMA 154.

• Determinación del comportamiento y modelamiento estructural de la edificación realizada a través del Software CYPECAD

Recursos

- CYPECAD
- AUTOCAD
- Software de modelamiento
- Memoria de calculo
- Planos estructurales y arquitectónicos

3.5. Procesamiento de la Información

El cumplimiento de los objetivos en el análisis de vulnerabilidad estructural del mercado San Pablo de Atenas se aplicaron los siguientes métodos de procesamiento y análisis de datos

Elaboración del Objetivo 1: "Describir los elementos estructurales del mercado San Pablo de Atenas mediante la metodología FEMA 154."

El primer objetivo consiste en describir las características estructurales del mercado San Pablo de Atenas aplicando el formulario FEMA 154, se realizará una inspección visual y una revisión a los planos tanto estructurales como arquitectónicos

con la finalidad de establecer las características estructurales del edificio para clasificar su tipología estructural, altura, posibles irregularidades, año de construcción y tipo de suelo. Con esta información se asignará un puntaje básico según el tipo estructural y se aplicarán los modificadores correspondientes establecidos en la matriz. Finalmente, se calculará el puntaje sísmico total (S), lo cual permitirá caracterizar la edificación, cumpliendo así con la descripción de sus principales características estructurales y determinar su nivel de vulnerabilidad

Objetivo 2: "Modelar la conducta estructural del mercado San Pablo de Atenas ante un sismo mediante el software CYPECAD"

En el segundo objetivo, el análisis del comportamiento sísmico de la estructura se ejecutó en el software CYPECAD versión 2019, incorporando la información recabada a partir planos estructurales y arquitectónicos, así como de la memoria de cálculo, considerando las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015). El mercado San Pablo de Atenas consta de dos plantas: la primera con una altura de 2,71 m, la segunda con 5,84 m, y una cubierta metálica de 2,46 m, alcanzando una altura total de 11,01 m. La edificación está conformada por un sistema estructural de hormigón armado. Con estas especificaciones, se desarrolló el modelo estructural en CYPECAD para evaluar la respuesta del edificio ante diferentes escenarios sísmicos, Estas simulaciones permitieron analizar la distorsión de los pilares y su justificación sísmica también analizamos los modos en X y Y en los modos 1 y 2 de cada uno, identificando las zonas críticas que presentan mayores riesgos.

Para elaborar el Objetivo 3: "Proponer medidas de mitigación frente a una amenaza sísmica basadas en los resultados obtenidos en el modelamiento estructural y su nivel de vulnerabilidad."

Busca proponer medidas de mitigación frente a una amenaza sísmica que contribuyan a minimizar las consecuencias de un sismo sobre la edificación evaluada. Estas medidas incluirán la implementación de planes de emergencia, señalización adecuada de rutas de evacuación, capacitación del personal y usuarios sobre protocolos de respuesta, así como la mejora en la organización interna del espacio para facilitar una evacuación segura. De forma complementaria se considerarán algunas recomendaciones estructurales básicas derivadas del modelamiento y análisis de vulnerabilidad, como refuerzos menores en zonas críticas o ajustes en elementos que presenten deficiencias evidentes.

CAPITULO IV: RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN LOS OBJETIVOS

4.1. Resultados correspondientes al objetivo 1

"Describir las características estructurales del mercado San Pablo de Atenas mediante la metodología FEMA 154"

Se realizó una inspección in situ y revisión de planos estructurales, con la finalidad de obtener datos precisos de las características de la edificación y detectar posibles puntos críticos. Posteriormente, se aplicó la metodología de inspección y evaluación sísmica simplificada basada en FEMA-154, que permitió efectuar un análisis visual bajo parámetros estandarizados y asignar un puntaje para determinar el grado de vulnerabilidad del mercado San Pablo de Atenas ante un evento sísmico.

4.1.1. Descripción de la estructura del mercado San Pablo de Atenas

El mercado San Pablo de Atenas está ubicado en un terreno de aproximadamente de 925.37 m2 y cuenta con dos niveles y esta edificación tiene una construcción total de 679.23 m2. El uso principal de esta edificación es comercial.

Los principales materiales de la edificación son el Hormigón (Resistencia especificada f'c = 240 kg/cm²), el acero (Varillas corrugadas ASTM A36 con límite elástico fy = 4200 kg/cm²), Vidrio templado y aluminio en puertas ventanas; porcelanato, mármol y cerámica para acabados interiores; acero inoxidable en accesorios y barandas.

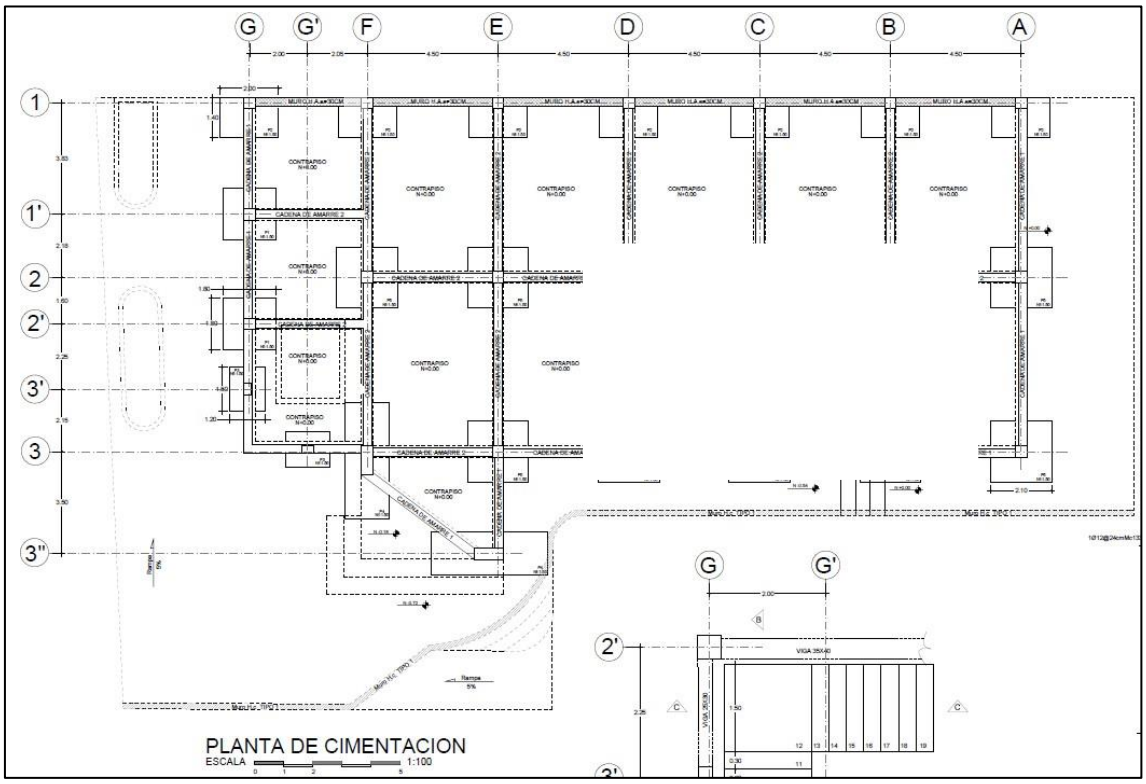
Sistema de Cimentación

Cimentación

Se utiliza cimentación de hormigón ciclópeo con espesores aproximados de 0.30 m, compactación del suelo y contrapiso.

Ilustración 20

Planta de cimentación



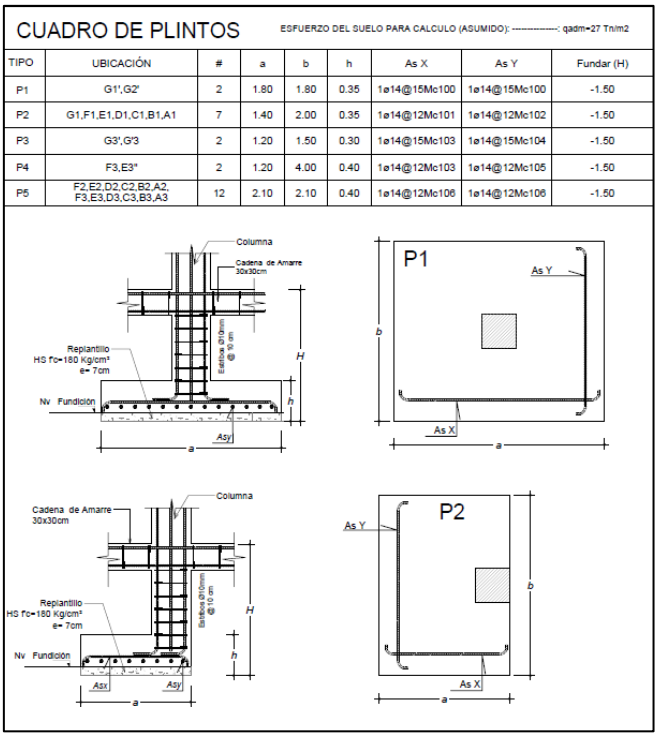
Nota. Planta de cimentación. Fuente: GAD San miguel**.**

Plintos

Plintos reforzados y vinculados mediante cadenas de amarre de 30×30 cm, cuya función es asegurar la continuidad estructural entre elementos. Las cargas verticales se transmiten directamente a la cimentación a través de los plintos, mientras que las cadenas actúan como elementos de confinamiento y distribución horizontal según las especificaciones de refuerzo. (varillas corrugadas ASTM A36 y fy=4200 kg/cm²).

Ilustración 21

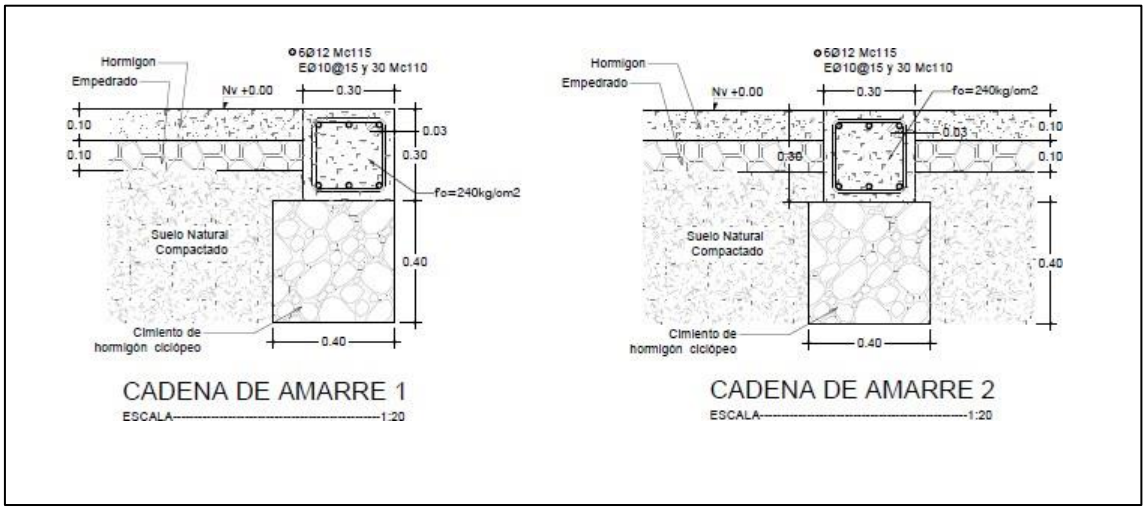
Plintos



Nota. Plintos. **Fuente:** GAD San miguel

Ilustración 22

cadenas de amarre



Nota. cadenas de amarre. Fuente: GAD San miguel

Ilustración 23

Planilla de acero de refuerzo

PLANILLA DE ACERO DE REFUERZO

MC	TIPO	φ	NUMERO	DIMENCIONES (m)					LONGUITUDES(m)		PESO(kg)	ACERO COMERCIAL	
				a	b	c	d	G	Desarrollo	Total		longitud (m)	cantidad (u)
PLINTOS													
100	I	14	48	1.70				0.05	1.80	86.40	104.37	12	8.00
101	I	14	119	1.30				0.05	1.40	166.60	201.25	12	15.00
102	I	14	84	1.90				0.05	2.00	168.00	202.94	12	14.00
103	I	14	88	1.10				0.05	1.20	105.60	127.56	12	9.00
104	I	14	16	1.40				0.05	1.50	24.00	28.99	12	2.00
105	I	14	20	3.90				0.05	4.00	80.00	96.64	12	7.00
106	I	14	432	2.00				0.05	2.10	907.20	1095.90	12	87.00
CADENA DE AMARRE													
110	O	10	715	0.24	0.24			0.06	1.08	772.20	476.45	12	65.00
115	I	12	6	143.00					143.00	858.00	761.90	12	75
CISTERNA													
130	I	12	3	2.20					2.20	6.60	5.86	12	1.00
131	I	12	6	2.90					2.90	17.40	15.45	12	2.00
132	I	12	3	1.70					1.70	5.10	4.53	12	1.00
133	C	12	9	2.40					2.40	21.60	19.18	12	2.00
134	C	12	40	2.85	0.20	0.2			3.25	130.00	115.44	12	14.00
135	C	12	40	2.35	0.20	0.2			2.75	110.00	97.68	12	10.00
136	C	12	2	2.10	0.20	0.2			2.50	5.00	4.44	12	1.00
137	C	12	3	2.35	0.20	0.2			2.75	8.25	7.33	12	1.00
138	I	12	5	2.85	0.20	0.2			3.25	16.25	14.43	12	2.00
139	I	12	20	2.60	0.20	0.2			3.00	60.00	53.28	12	7.00
GRADA													
140	I	12	94	1.40				0.05	1.50	141.00	125.21	12	12.00
141	I	12	11	0.25	0.60	2.15	1.15	0.10	4.35	47.85	42.49	12	6.00
142	I	12	11	0.25	0.60	2.45	1.6	0.10	5.10	56.10	49.82	12	6.00
143	I	12	11	1.48	1.10	0.15	0.47	0.10	3.40	37.40	33.21	12	4.00
144	I	12	11	1.50	1.40	1.15		0.10	4.25	46.75	41.51	12	6.00
145	I	12	11	1.45	2.85	0.35		0.10	4.85	53.35	47.37	12	6.00
146	I	12	11	1.47	2.48	0.16	0.6	0.10	4.91	54.01	47.96	12	6.00
MURO DE H.A 30CM													
400	I	12	180	2.20				0.05	2.30	414.00	367.63	12	36.00
401	L	12	360	5.00	0.50				5.50	1980.00	1758.24	12	180.00
402	I	12	64	27.00					27.00	1728.00	1534.46	12	144.00

RESUMEN DE MATERIALES

ELEMENTO	HORMIGON 240Kg/cm2
Plintos	35.22
Cadena de Amarre	12.87
GRADA	7.20
CISTERNA	7.02
MURO H.A e=30cm	56.70
TOTAL	119.01
HORMIGON CICLOPEO	
Muro Tipo 1	10.80
Cimientos	22.88
TOTAL	33.68

ACERO COMERCIAL							
Long (m)	10	12	14	16	18	20	28
12	65	522	142	0	0	0	0
Peso (Kg)	476	5147	1858	0	0	0	0
Notas:							

Nota. Planilla de acero de refuerzo. Fuente**:** GAD San miguel

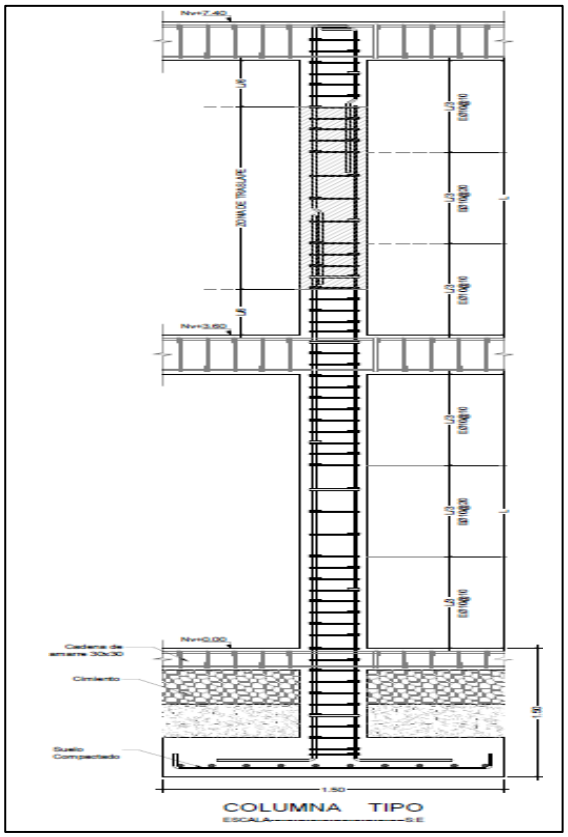
Estructura vertical

Columnas

Construidas en hormigón armado con sección de aproximadamente 0.40 x 0.40 m. Las columnas están reforzadas con varillas de acero corrugado de alta resistencia (Ø14 mm y Ø18 mm) con estribos de Ø10 mm cada 10-20 cm para garantizar estabilidad estructural y resistencia a cargas verticales y sísmicas.

Ilustración 24

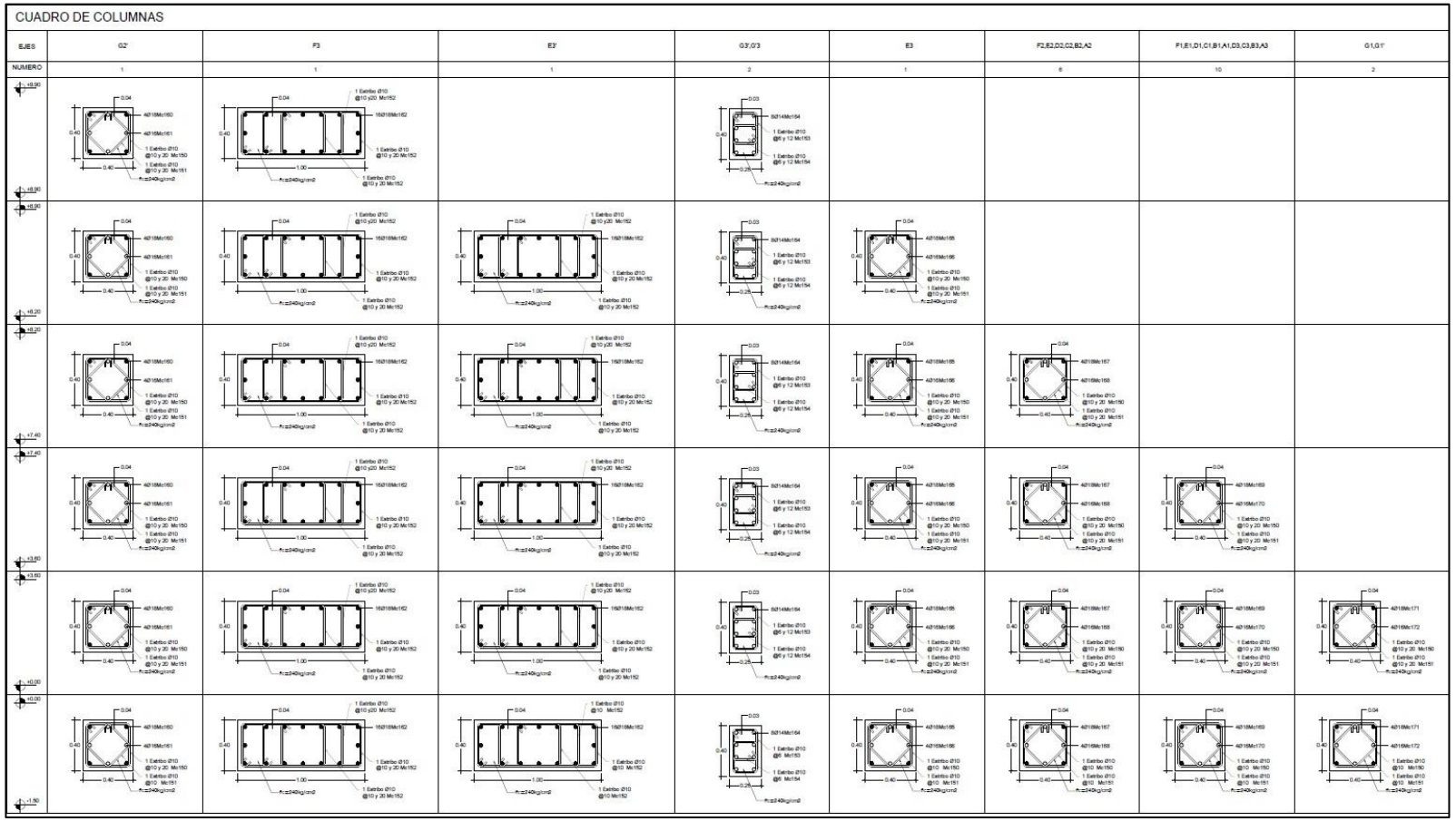
Detalle de la columna



Nota. Detalle de la columna. Fuente: GAD San miguel

Ilustración 25

Cuadro de columnas



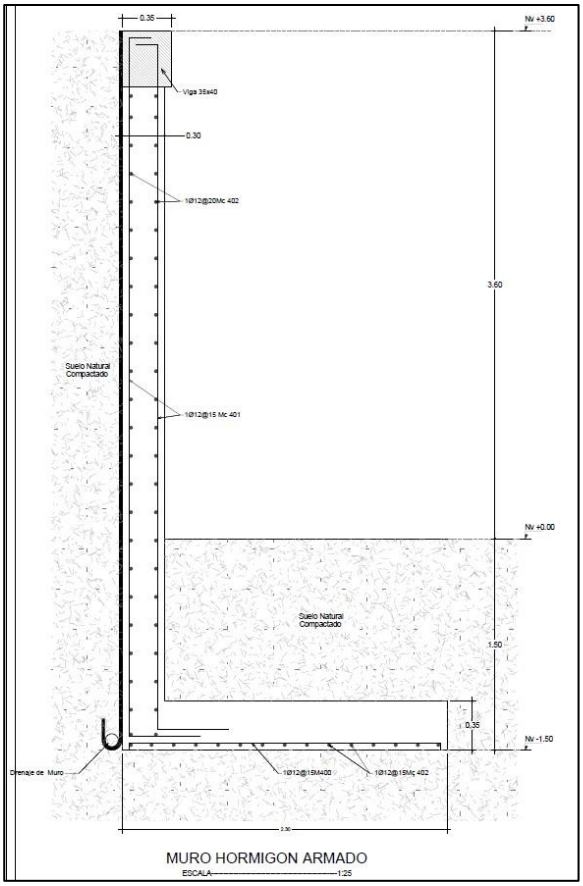
Nota. Cuadro de columnas. Fuente: GAD San miguel

Muros

Hormigón armado de 30 cm de espesor (tipo 1) y algunos muros ciclópeos para cerramientos, que contribuyen al soporte estructural y a la estabilidad lateral del edificio.

Ilustración 26

Muros



Nota. Muros. Fuente: GAD San miguel

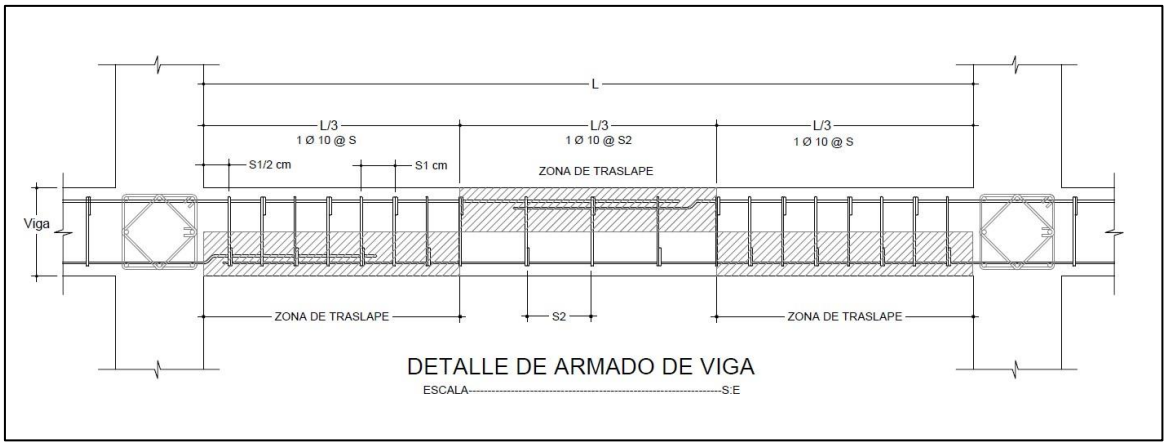
Estructura horizontal

Vigas

Vigas principales de sección rectangular (35x40 cm, 25x30 cm y 25x60 cm) que soportan cargas de las losas y transmiten las cargas a las columnas. Las vigas están armadas con varillas corrugadas (Ø10 mm y Ø14 mm principalmente) y estribos para resistir esfuerzos de flexión y cortante.

Ilustración 27

Detalle de armado de viga

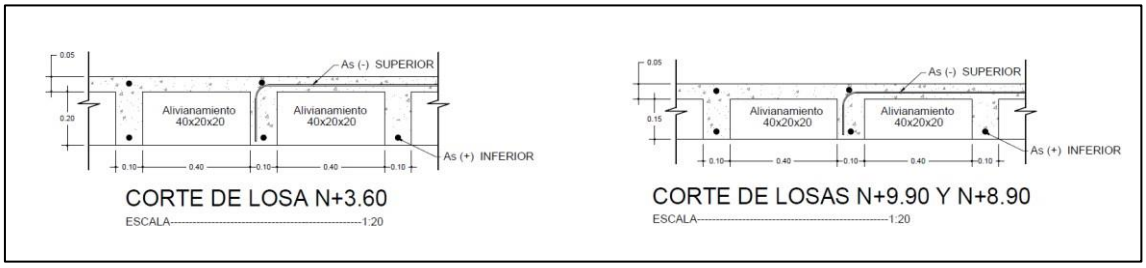


Nota. Detalle de armado de viga. fuente: GAD San miguel

Losas

Losas de concreto armado de diferentes niveles (planta baja, primer nivel y cubiertas) con espesores aproximados entre 0.10 y 0.20 m, reforzadas con acero en la parte superior e inferior según los detalles de armado (Ø10 mm, Ø12 mm y Ø16 mm).

Ilustración 28 *Corte de losas*



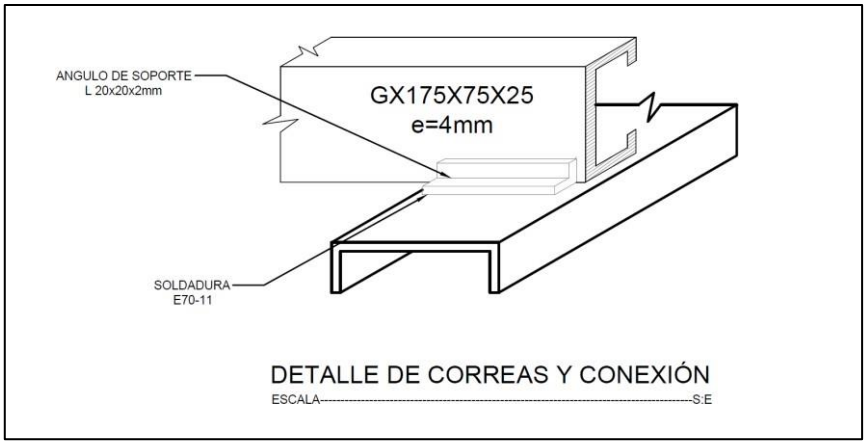
Nota. Corte de losas. Fuente: GAD San miguel

Correajes y conexiones

Correajes de acero (vigas tipo 1) con detalles de conexión soldada (electrodos E70-11) y ángulos de soporte para sostener la cubierta metálica.

Ilustración 29

Detalle de correas y conexión



Nota. Detalle de correas y conexión. Fuente: GAD San miguel

El mercado San Pablo de Atenas incorpora cadenas de amarre y refuerzos diseñados para cumplir con los requerimientos sísmicos siguiendo el Código Ecuatoriano de la Construcción y las normas ACI-318-08 y AISC-LRFD 99, además está diseñada para soportar cargas muertas de 300 kg/m² y cargas vivas comerciales de 480 kg/m² garantizando así la seguridad en su uso comercial.

4.1.2. FEMA 154

Mediante la metodología FEMA 154 se efectuó una evaluación visual de la edificación considerando los parámetros establecidos en dicha matriz. El objetivo fue determinar el nivel de vulnerabilidad de la estructura frente a eventos sísmicos, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 3

Datos generales de la edificación

DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA			
Nombre de la estructura:	Mercado central de San Pablo de Atenas	Año de construcción:	2016
Dirección:	las calles Juan Pio de Mora y Virgilio Coloma, Parroquia San Pablo de Atenas	Área construida:	679.23 m².
Sitio de referencia:	Parque central	Número de pisos:	2 pisos
Tipo de uso	Comercial		
DATOS DEL PROFESIONAL			
Nombre:	Esparza Mizhquero Nayareth Milena	Fuentes Chávez Andrea Noemi	
CI:	1724002496	0202630034	

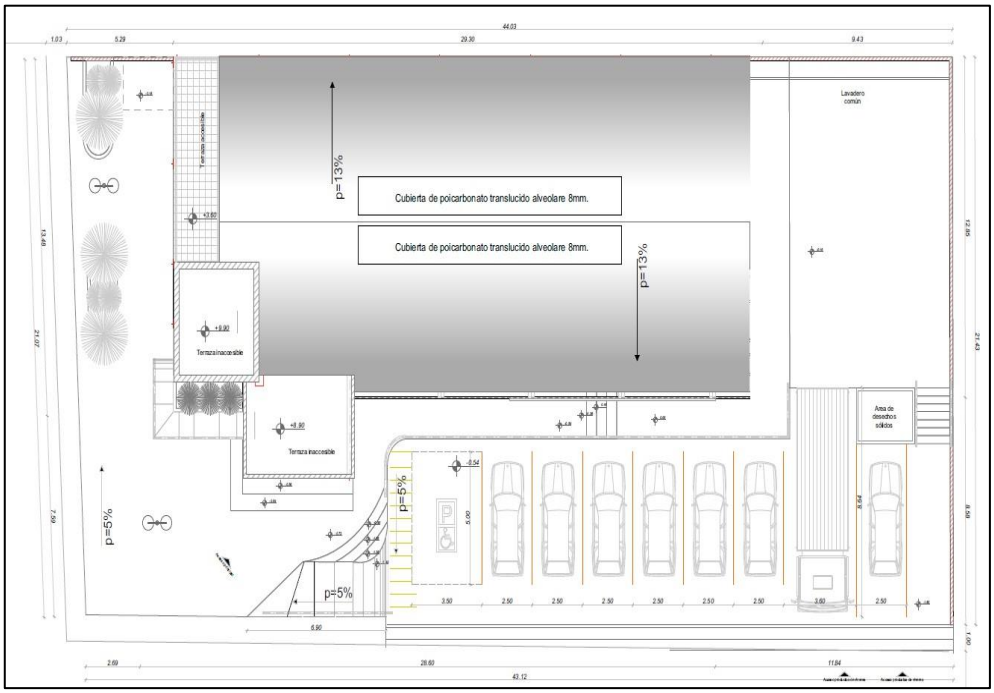
Nota. Fuente (Elaboración propia, 2025)

La tabla N# 3 corresponde a los datos generales del mercado central de San pablo de Atenas estructura evaluada en el marco de análisis de vulnerabilidad sísmica mediante la matriz de inspección visual y evaluación sísmica de estructuras existentes basada FEMA 154. Se registra información relevante para caracterizar la edificación como su nombre, dirección y su uso principal.

Se detalla que la edificación fue construida en el año 2016 y su remodelación fue en el año 2021 lo que demuestra que es una estructura construida bajo normas sísmicas de construcción, también se incluyeron los datos de las personas responsables de la evaluación. En el formulario FEMA 154 se indica el esquema estructural y la fotografía del mercado central de San Pablo de Atenas, como se indica a continuación:

Ilustración 30

Distribución Arquitectónica del mercado San Pablo de Atenas



Nota. Distribución Arquitectónica del mercado San Pablo de Atenas Fuente:

GAD San miguel

Ilustración 31

Mercado San Pablo de Atenas



Nota. Mercado San Pablo de Atenas. Elaborado por: Esparza M & Fuentes A

Tabla 4*Puntaje final matriz del FEMA 154*

PUNTAJES BASICOS, 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
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
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-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
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de1977) o autoconstrucción	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
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	-1.2	-0.8	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
PUNTAJE FINAL					1.8								

Nota. Fuente (Elaboración propia, 2025)

En la tabla N# 4 tenemos el cálculo final del puntaje sísmico S con un total de 1.8 obtenido mediante la matriz FEMA 154. Es un sistema estructural C1 hormigón armado, además posee una altura de 2 pisos lo que según los parámetros de la matriz nos permite clasificarla como baja de altura, además se verifica su irregularidad vertical y también se determinó mediante la visita que la edificación fue construida post código moderno construido a partir del 2001 con normas sísmicas de construcción y se determinó el tipo de suelo que de acuerdo en el PDOT en el cantón predominan los suelos entisoles y su combinación con inceptisoles que según la NEC- SE- DS se clasifican como suelos tipo D.

Tabla 5

Grado de vulnerabilidad sísmica del mercado San Pablo de Atenas

PUNTAJE FINAL S Y GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA	
S > 2.50	BAJA
2.00 > S ≥ 2.50	MEDIA
S < 2.00	ALTA

Nota. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Con base en la matriz FEMA 154 en la tabla 4 nos indica que la estructura analizada (es de hormigón armado tipo C1 de dos pisos) obtuvo un puntaje final S de 1.8 lo que según la tabla de clasificación nos da como resultado que la edificación tiene una vulnerabilidad sísmica media.

El resultado obtenido se justifica en función de que la edificación presenta condicionantes estructurales favorables, entre ellos su baja altura y la ejecución de la construcción conforme a los lineamientos establecidos en la NEC-2015. Sin embargo, también se identifican factores desfavorables, como la presencia de irregularidades verticales y la localización en un suelo tipo D, los cuales inciden de manera negativa en la calificación y en la valoración integral de su comportamiento sísmico.

4.2. Resultado según el Objetivo 2:

"Modelar la estructura del mercado San Pablo de Atenas mediante el software CYPECAD para determinar su nivel de vulnerabilidad sísmica."

El análisis del comportamiento sísmico de la estructura se ejecutó en el software CYPECAD versión 2019, incorporando la información recabada a partir planos estructurales y arquitectónicos, así como de la memoria de cálculo, considerando las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015). El mercado San Pablo de Atenas consta de dos plantas: la primera con una altura de 2,71 m, la segunda con 5,84 m alcanzando una altura total de 11,01 m. La edificación está conformada por un sistema estructural de hormigón armado. Con estas especificaciones, se desarrolló el modelo estructural en CYPECAD para evaluar la respuesta del edificio ante diferentes escenarios sísmicos, cuyos resultados se detallan a continuación.

Ilustración 32 *Distribución Arquitectónica del mercado San Pablo de Atenas*



Nota. Distribución Arquitectónica del mercado San Pablo de Atenas. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.2.1. Modelamiento en CYPECAD

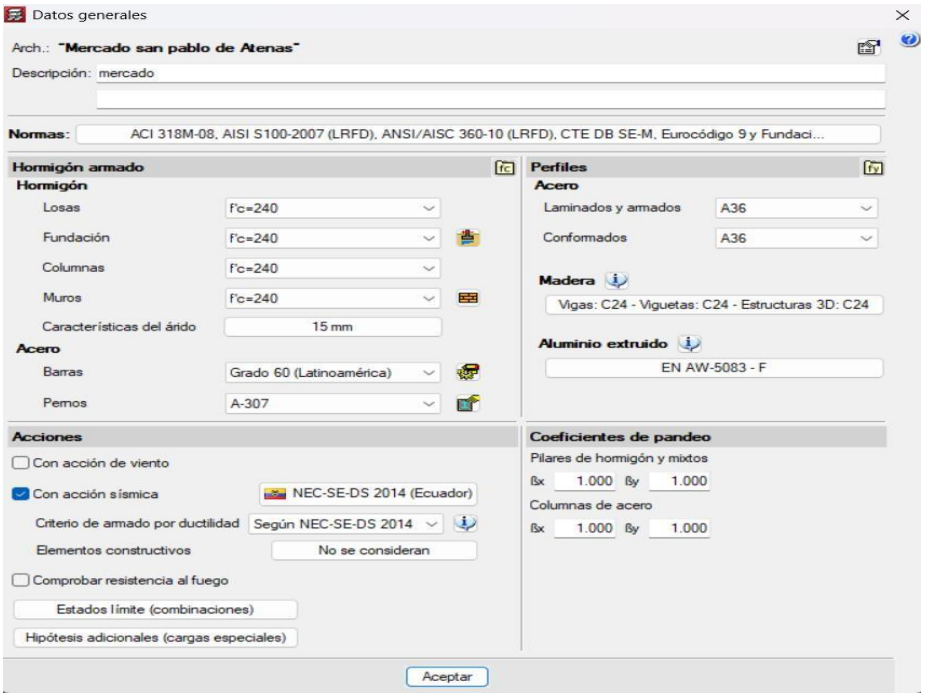
El proceso de modelamiento de la edificación implica una serie de pasos, los cuales se presentan a continuación:

1. **Ingreso de los datos generales**

Como primer paso se introducen los datos generales de la obra, en la ventana que nos aparece al momento que ejecutamos el programa creamos un nuevo proyecto con el nombre “Mercado San pablo de Atenas” además se consideraron parámetros como el tipo de concreto que se obtuvo en la memoria de cálculo y en los planos de la edificación.

Ilustración 33

Ventana de datos generales del programa

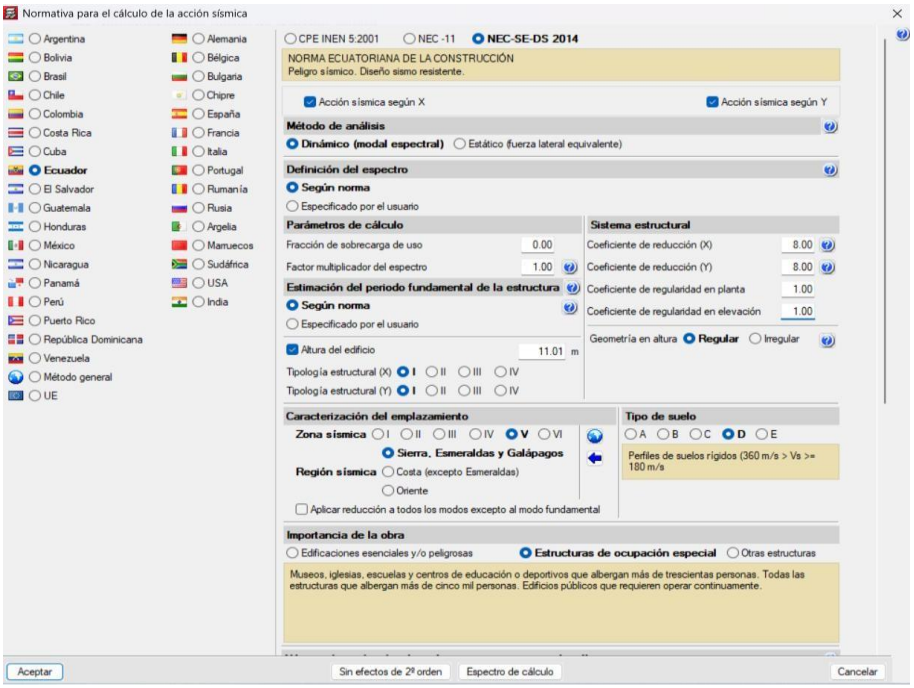


Nota. Ventana de datos generales del programa. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

1.1. **Datos generales de la acción sísmica**

Ilustración 34

Normativa ecuatoriana de la acción sísmica

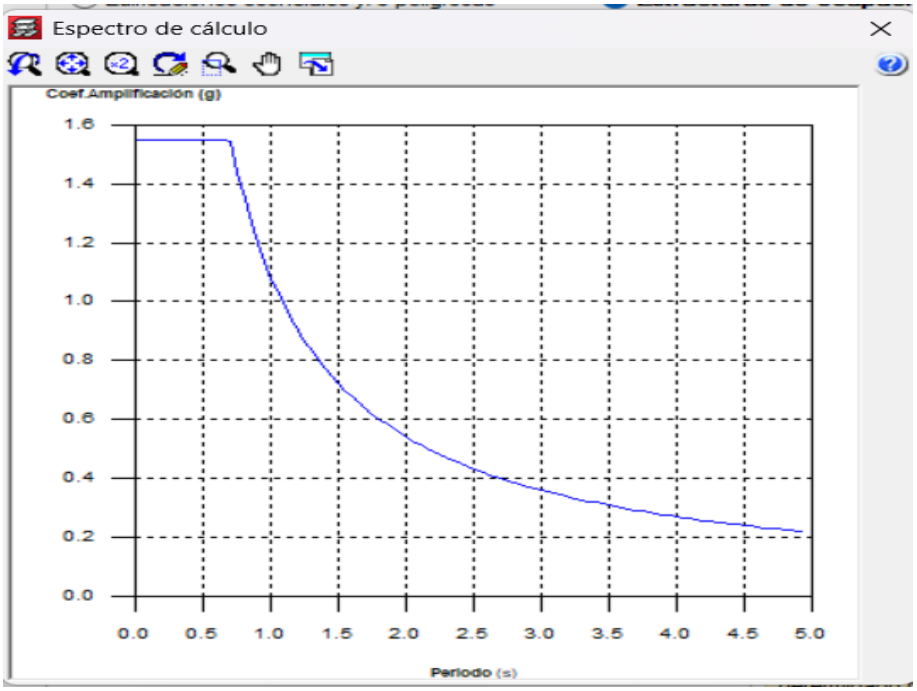


Nota. Normativa ecuatoriana de la acción sísmica. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Para el análisis estructural del mercado San pablo de Atenas se realizó en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2015), para este modelamiento utilizamos el método de análisis dinámico modal espectral. Es sistema de pórticos espaciales de hormigón armado dúctil con geometría regular, sin discontinuidades importantes ni torciones significativas, ubicado en una zona sísmica IV y asentada en suelos tipo D caracterizados por ser suelo rígidos y está clasificada como una estructura de clasificación especial.

Ilustración 35

Espectro del diseño



Nota. Espectro del diseño. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

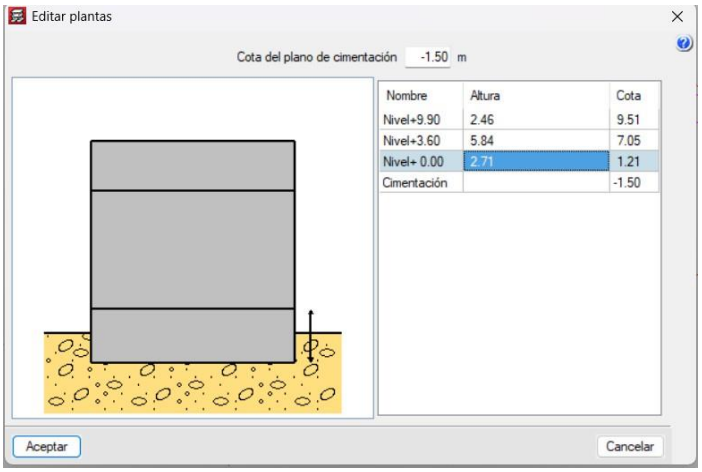
El factor de zona Z representa la aceleración sísmica base (PGA) asignada a cada localidad según la NEC, y para el cantón San Miguel corresponde a Z = 0.35, valor que luego se multiplica por los factores de sitio para obtener las ordenadas del espectro de diseño; dichos factores (Fa, Fd/Fv y Fs) provienen de las tablas oficiales de la NEC (Tablas 3, 4 y 5) y dependen del tipo de suelo (A–F) y de la zona sísmica, de modo que para un perfil tipo D con Z = 0.35 se obtienen exactamente los valores previamente aplicados, los cuales ajustan respectivamente la amplificación de aceleraciones, desplazamientos y efectos no lineales del terreno; adicionalmente, el factor de importancia I se determina según el uso de la edificación, y la NEC clasifica a un mercado de uso comercial dentro de las estructuras de ocupación corriente, asignándole I = 1.0, salvo que cumpla una función esencial o crítica, en cuyo caso el valor aumentaría entre 1.25 y 1.5.

2. introducción de plantas

En este paso el programa nos pide que insertemos el número de plantas, así como sus respectivas alturas, cargas vivas y muertas.

Ilustración 36

Introducción de plantas

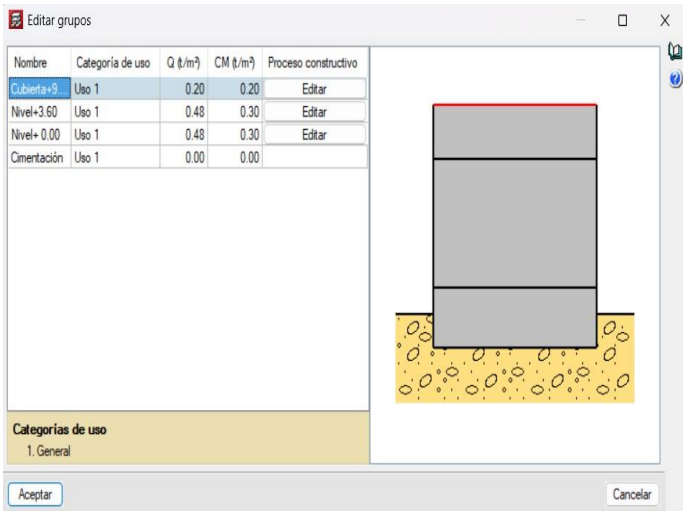


Nota. Introducción de plantas. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Una vez insertadas las alturas de las plantas en editar grupos se insertan las cargas vivas y las cargas muertas que plantea en la NEC con referencia a las cargas muertas son los elementos que generan inercia ante un evento sísmico, las cargas vivas hacen referencia a una carga superficial según la NEC para una estructura de tipo comercial establece un valor mínimo de 0.48.

Ilustración 37

Ingreso de cargas muertas y vivas en cada planta



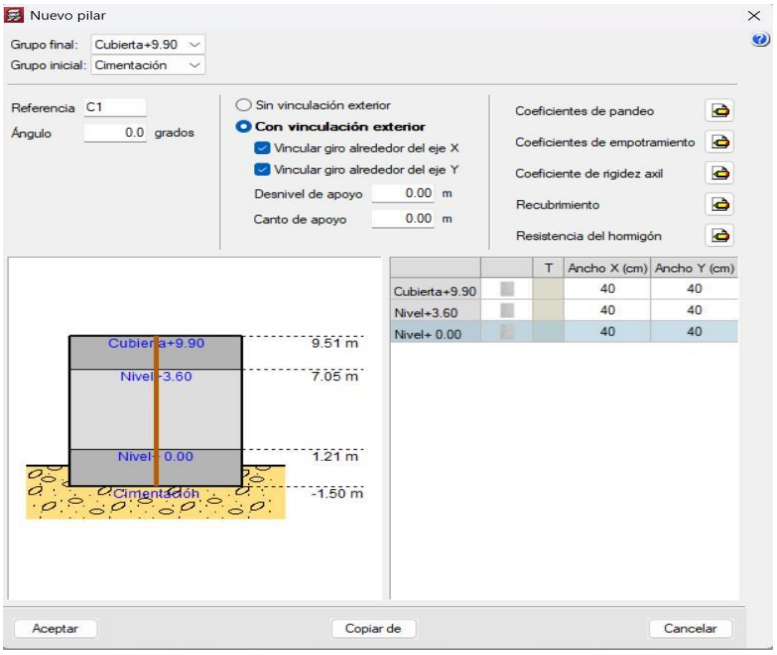
Nota. Ingreso de cargas muertas y vivas en cada planta. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

3. introducción de pilares

Los mismos son barras verticales que conectan cada planta para este paso nos dirigimos a la parte inferior del programa una vez ahí para ingresar los pilares utilizamos la plantilla obtenida del programa AUTOCAD cada uno se ingresa con sus respectivas medidas de acho y altura, en caso de ser necesario elegimos el tipo de inclinación.

Ilustración 38

Dimensiones de los pilares

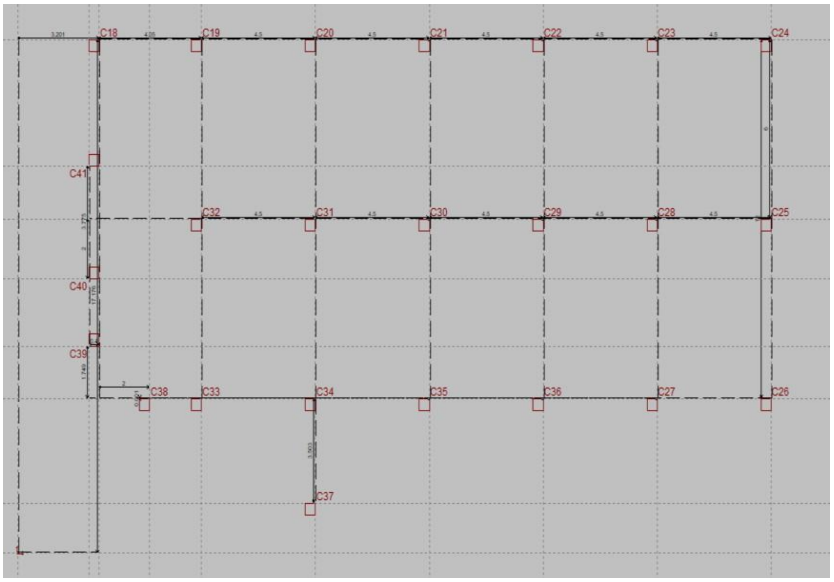


Nota. Dimensiones de los pilares. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Una vez ya ingresados los pilares podemos observar las columnas generadas de acuerdo al orden de introducción.

Ilustración 39

Pilares introducidos al programa



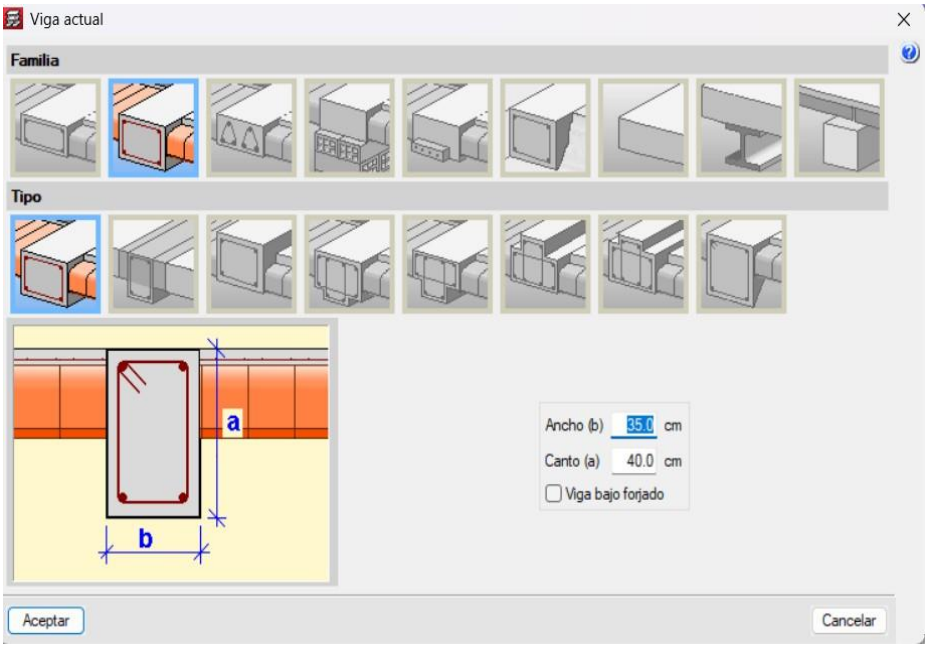
Nota. Pilares introducidos al programa. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4. Añadir Vigas

Las vigas constituyen elementos estructurales de disposición horizontal cuya función principal es resistir las cargas y transferir hacia los apoyos correspondientes como columnas, vigas o pilares. Para insertar las vigas seleccionamos en entrada de vigas y ahí seleccionamos el tipo de viga en este caso seleccionamos vigas descolgadas rectangulares, las dimensiones correspondientes.

Ilustración 40

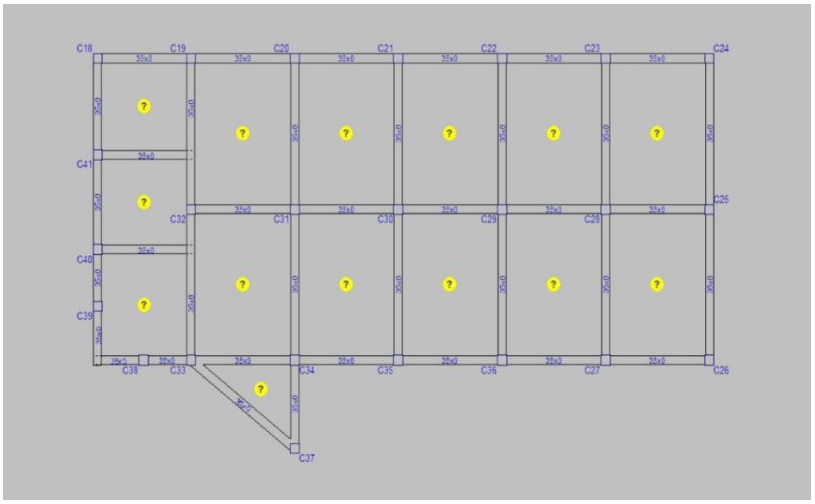
Ventana de selección de vigas



Nota. Ventana de selección de vigas. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración 41

Muestra de las vigas en el programa



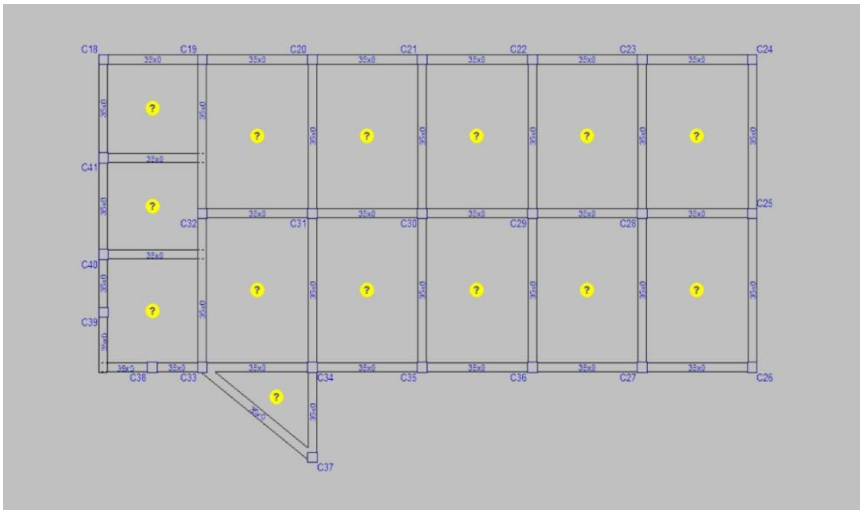
Nota. Muestra de las vigas en el programa. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

5. Añadir losas

Son elementos estructurales planos y horizontales que forman los pisos de una edificación, los apartados que se ven de color amarillo con signo de interrogación nos indica que no se han asignado paños.

Ilustración 42

Signo de interrogación

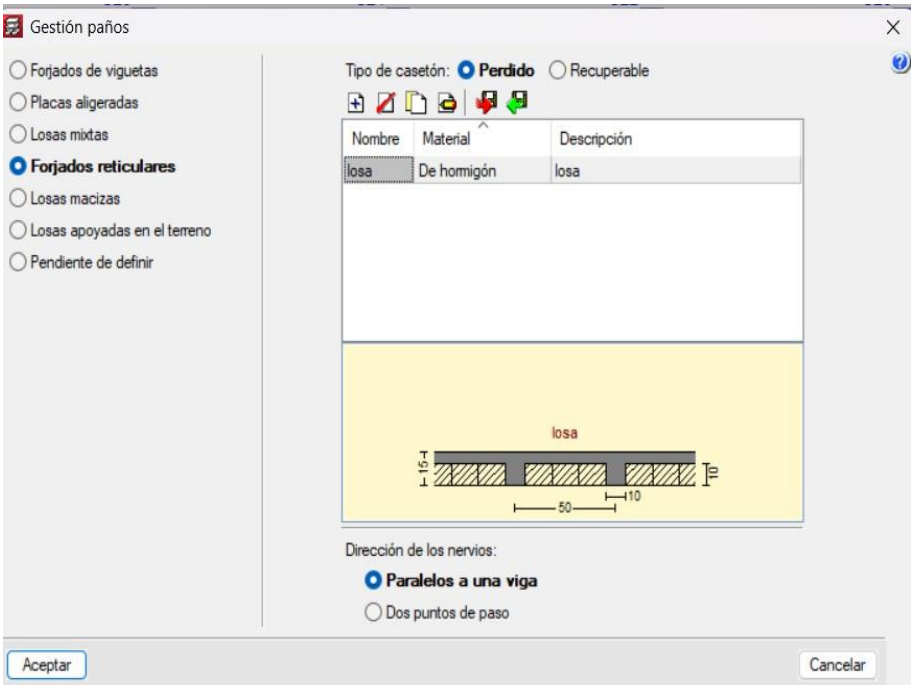


Nota. Signo de interrogación. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

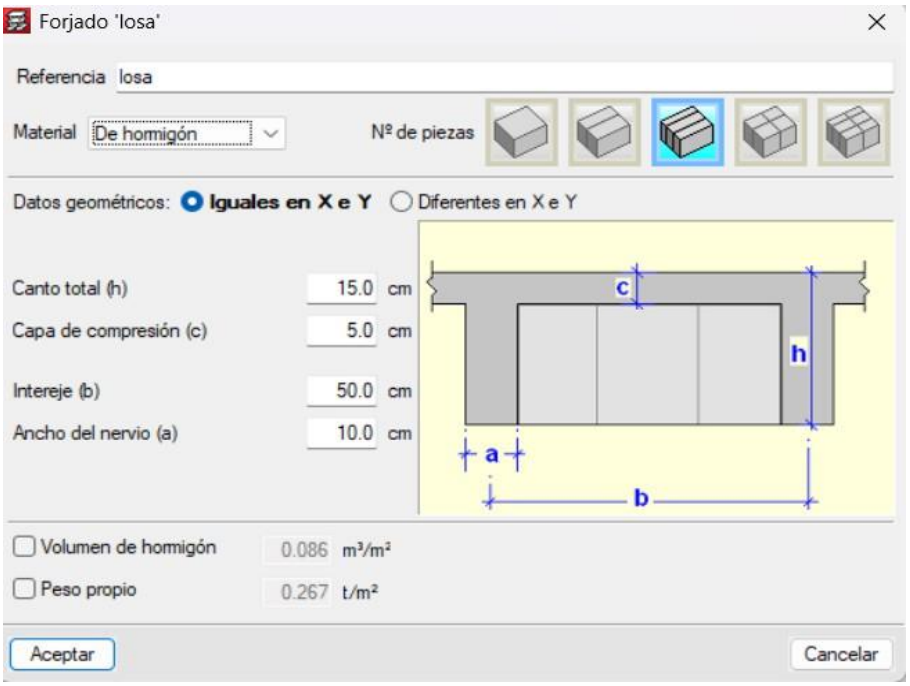
Para las ingresar este apartado seleccionamos forjados reticulares en el cual consideramos la discretización de paños en esta losa.

Ilustración 43

Introducción de la losa



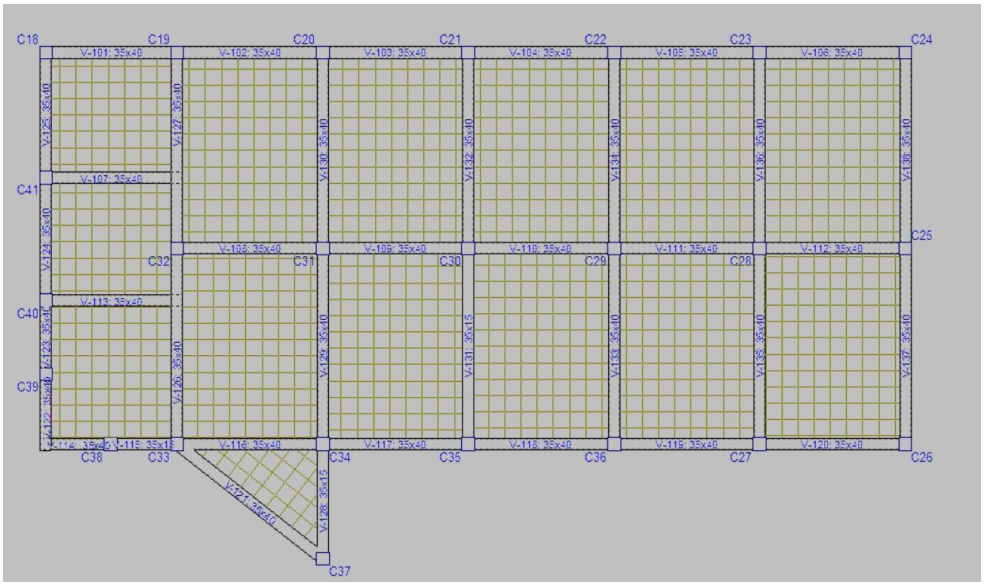
Nota. Introducción de la losa. Fuente: (Elaboración propia, 2025)



Nota. Introducción de la losa. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración 44

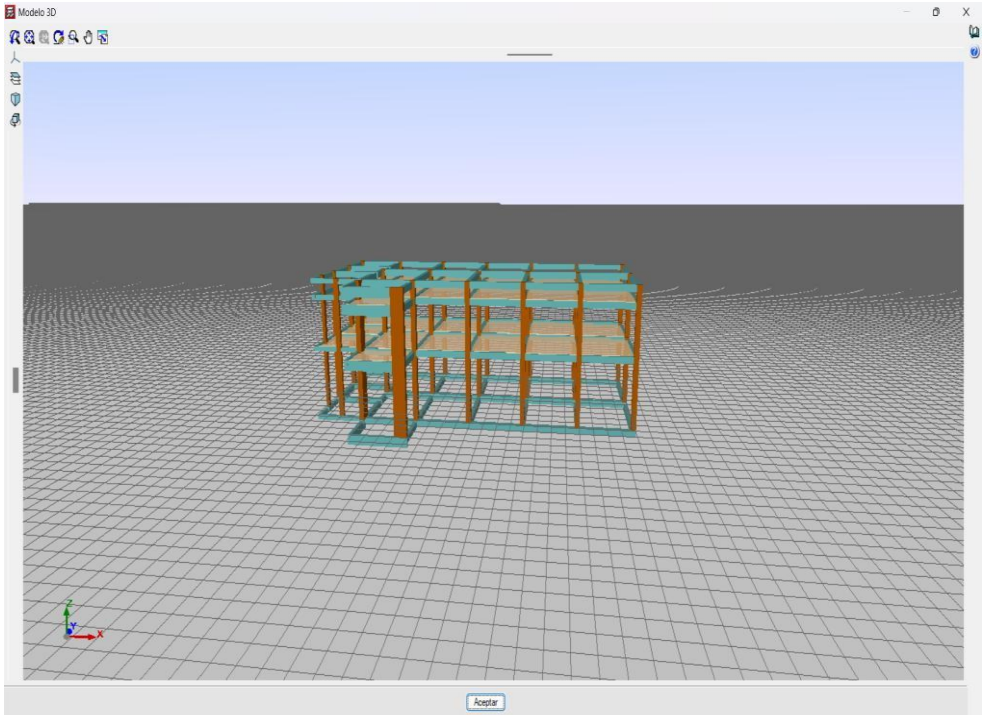
Colocación de paño y huecos en la estructura



Nota. Colocación de paño y huecos en la estructura. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Ilustración 45

Vista 3D del edificio



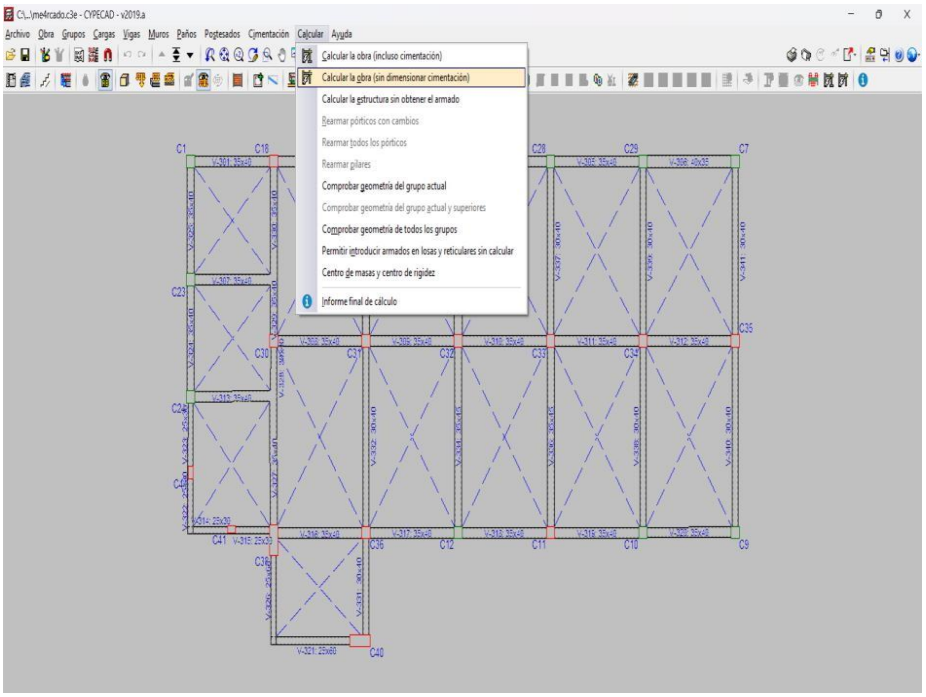
Nota. Vista 3D del edificio. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

6. Cálculo de la estructura

Una vez que hemos ingresado los elementos estructurales, revisamos la estructura y añadido las propiedades procedemos a realizar el cálculo estructural para poder analizar sus resultados.

Ilustración 46

Cálculo de la estructura



Nota. Cálculo de la estructura. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.2.2. Resultados del modelamiento

7. Análisis de los resultados del modelamiento

Resultados y análisis del modelamiento del mercado San Pablo de Atenas

Una vez finalizado el proceso del modelamiento la obra nos da el reporte necesario sobre la distorsión de pilares y la justificación sísmica que es lo que interpretamos para verificar cuan resistente es la estructura.

7.1. Modos de vibración

La NEC 2015, en su apartado 6.2.2. indica que deben considerarse un número suficiente de modos de vibración que aporten de manera significativa a la respuesta global de la estructura a través de sus distintos periodos de vibración. También establece la necesidad de incluir todos aquellos modos que aseguren una participación de masa modal acumulada de al menos 90% de la masa total de la edificación en cada una de las direcciones principales analizadas.

Ilustración 47

Leyenda de los coeficientes de participación.

Leyenda

T: Periodo de vibración en segundos

L_x, l_y: Coeficiente de participación normalizados en cada dirección del análisis

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y**:** Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad

Nota. Leyenda de los coeficientes de participación. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

En este caso el programa nos generó tres modos de vibración mostrados en la tabla 6

Tabla 6

Resultados de los modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.526	0.0606	0.1978	0.9784	6.35 %	67.66 %	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 13.323 mm	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 13.323 mm
Modo 2	0.461	0.5707	0.2149	0.7925	80.9 %	11.46 %	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 10.2187 mm	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 10.2187 mm
Modo 3	0.365	0.0359	0.051	0.9981	7.11 %	14.34 %	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 6.38798 mm	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 6.38798 mm
Total					94.36 %	93.46 %		

Nota. Resultados de los modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

El total de los porcentajes acumulan un 94.36% de participación modal en dirección X y un 93.46% en dirección Y cumpliendo satisfactoriamente con el umbral exigido por la NEC 2015.

En el modo 1 corresponde a un modo de vibración es mayormente torsional con un periodo de 0.526 segundos, que presenta una alta participación modal en la dirección Y (My = 67.66%) mientras que en la dirección X la participación es baja (Mx = 6.35%), el coeficiente Lx= 0.0606 indica una vibración mínima y Ly = 0.1978 muestra una contribución algo mayor en la dirección Y, pero sigue siendo baja. El valor Lgz = 0.9784 nos confirma que este modo se caracteriza por un giro notable de la estructura respecto al eje vertical por lo tanto concluimos que el modo uno es torsional con una influencia significativa sobre el comportamiento dinámica al eje Y.

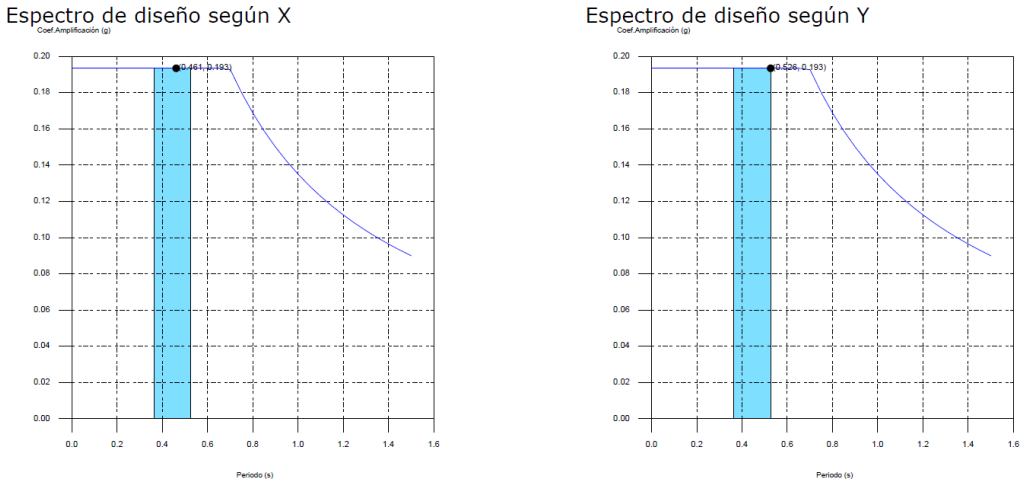
En el modo 2 presenta a un modo traslacional dominante en la dirección X con un periodo de 0.461 segundos la participación modal en la dirección X es muy alta (Mx = 80.9%) lo que nos indica que este modo la estructura se desplaza principalmente en ese eje el coeficiente Lx = 0.5707 respalda esta conclusión al mostrar una componente directa importante de traslación en X, por otro lado Ly = 0.2149 refleja una vibración

secundaria en la dirección Y en Lgz = 0.7925 señala que existe una componente traslacional. En conjunto los datos permiten evidenciar que el modo 2 es traslacional en X con presencia de torsión influenciado por la asimetría estructural.

7.2. Representación de los espectros modales

Ilustración 48

Espectro de diseño del programa en X, Y



Nota. Espectro de diseño del programa en X, Y. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Se muestra el intervalo de periodos correspondientes a los modos analizados, señalando aquellos en los que se produce un desplazamiento superior al 30% de la masa.

Presentamos en la tabla los rangos de los modos en X y mostrados en la tabla 7 El desplazamiento en X y en la tabla 8 El desplazamiento en Y.

Tabla 7

Rango de periodo según los modos estudiados en Y1

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.526	0.193

Nota. Rango de periodo según los modos estudiados en Y1. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla 8

Rango de periodo según los modos estudiados en X1

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.461	0.193

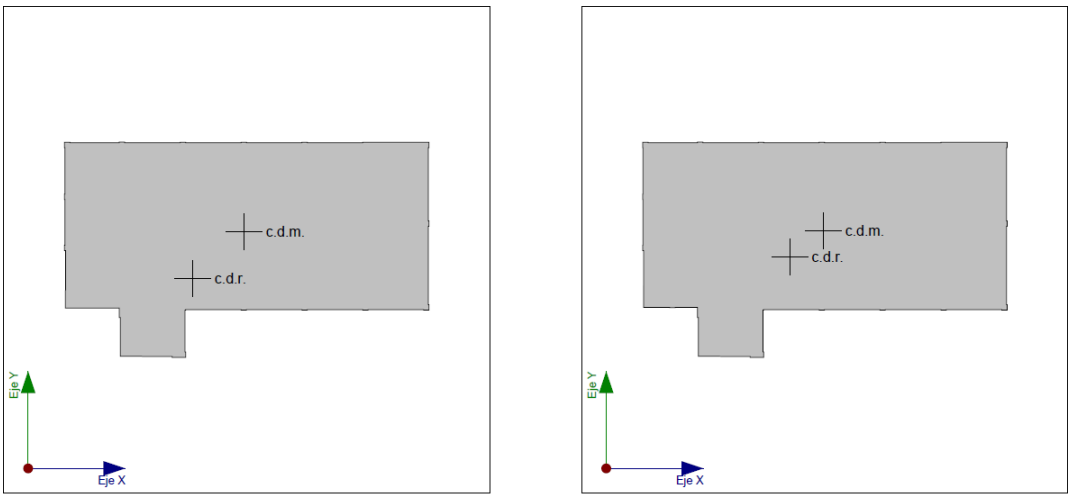
Nota. Rango de periodo según los modos estudiados en X1. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Considerando que el porcentaje de masa efectiva movilizada en los modos es de Mx = 94.36% y My = 93.46%, se puede concluir que el análisis modal cumple con lo establecido en la NEC-2015, que exige que se movilice al menos el 90% de la masa en cada dirección principal. Los períodos obtenidos (0.526 s en el Modo 1 y 0.461 s en el Modo 2), así como las aceleraciones modales (0.193 g en ambos casos), son coherentes con una estructura de baja a media altura y reflejan un comportamiento dinámico aceptable. La similitud en los valores de aceleración sugiere una distribución regular de rigidez y masa en ambas direcciones.

7.3. Centro de masa, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Ilustración 49

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



Nota. Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Cuando el centro de masa se encuentra desplazado respecto al centro de rigidez se genera un efecto de torsión en la estructura como se ve en la ilustración 34 en los dos niveles.

7.4. Cortante basal estático

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

$V_{s,x}$: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) — **$V_{s,x}$** : *97.9334* t

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

$S_{d,x}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) — **$S_{d,x}(T_a)$** : *0.193* g

$T_{a,x}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,x}$** : *0.49* s

$$T_a = 0.072 \cdot h^{0.8}$$

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

h: Altura del edificio — **h** : *11.01* m

$V_{s,y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) — **$V_{s,y}$** : *97.9334* t

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

$S_{d,y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) — **$S_{d,y}(T_a)$** : *0.193* g

$T_{a,y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,y}$** : *0.49* s

$$T_a = 0.072 \cdot h^{0.8}$$

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

h: Altura del edificio — **h** : *11.01* m

W: Peso sísmico total de la estructura — **W** : *506.2725* t

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

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

w_i: Peso sísmico total de la planta "i"

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

Planta	w_i (t)
nivel+8.90	5.2500
nivel+7.40	242.7378
nivel+3.60	258.2847
$W=\sum w_i$	**506.2725**

7.5. Desplazamiento de pilares o derivas

Según la NEC 2015 nos dice que las estructuras hormigón armado, metálicos y de madera no deben exceder más del 0.02 que expresado en fracción nos da 1/50.

Tabla 9

Valores del desplazamiento de pilares según la norma NEC, 2015.

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

Nota. Valores del desplazamiento de pilares según la norma NEC, 2015. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

7.6 Desplome local y total de pilares valores máximos

Tabla 10

Desplome local máximo de los pilares

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas[1]	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
nivel+8.90	1 / 3000 (C35)	1 / 2000 (C10)	1 / 186 (C44)	1 / 102 (C9)
nivel+7.40	----	----	1 / 117 (C1, ...)	1 / 61 (C7, ...)
nivel+3.60	----	----	1 / 89 (C1, ...)	1 / 51 (C7, ...)
Notas: [1] *Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*				

Nota. Desplome local máximo de los pilares. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Tabla 11

Desplome total máximo de los pilares

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas[1]	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 107 (C1, C7)	1 / 59 (C7, C9)
Notas: [1] *Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*			

Nota. Desplome total máximo de los pilares. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Los resultados nos arrojan que la ductilidad provoca un aumento en los desplazamientos eso nos dice que las distorsiones no exceden cumpliendo con los parámetros establecidos por la NEC 2015.

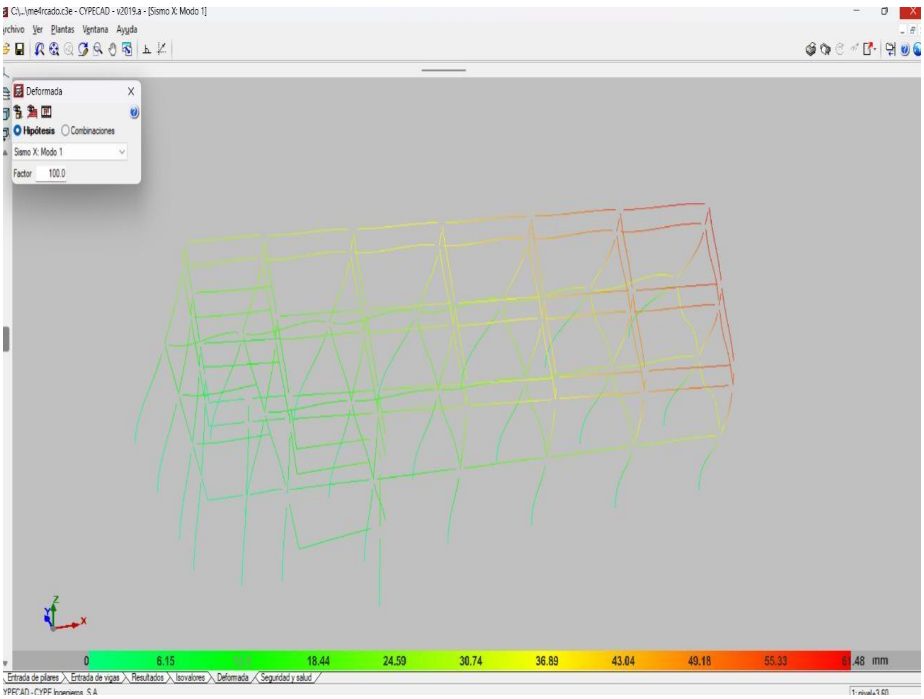
7.7 Deformaciones

Sismo X: Modo 1

En el modo uno de vibración, presenta un comportamiento predominante de traslación en la dirección del eje X, donde los desplazamientos aumentan progresivamente desde la base hasta la parte superior del edificio. Este patrón indica que el movimiento global de la edificación es coherente con la respuesta fundamental frente a la acción sísmica, alcanzando deformaciones máximas en los niveles más altos con un valor aproximado de 61 mm. La distribución uniforme de desplazamientos confirma que este modo concentra la mayor participación modal en masa, siendo el más representativo del comportamiento global ante el sismo.

Ilustración 50

Sismo X: Modo 1



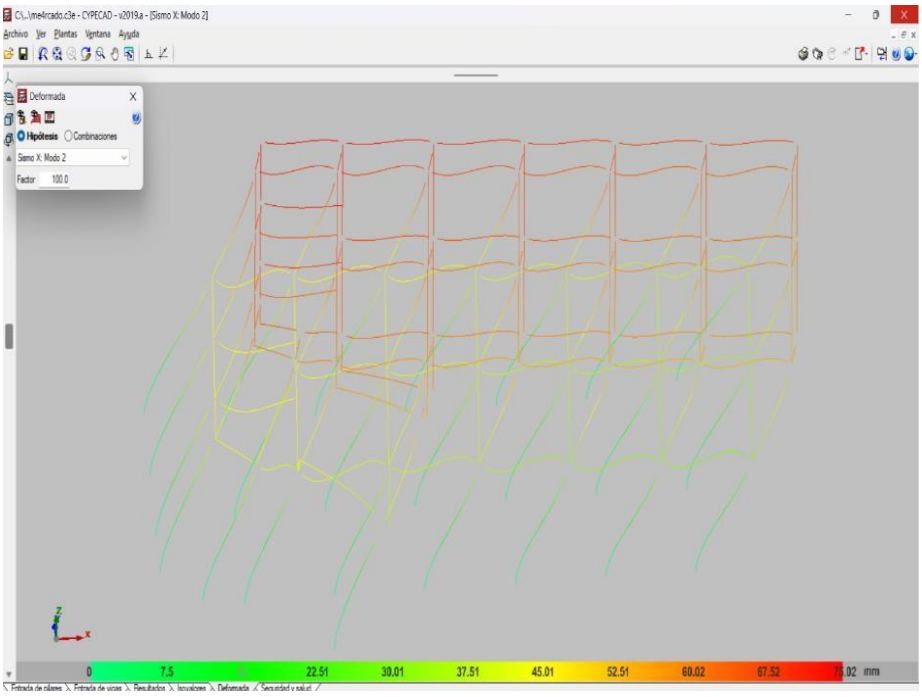
Nota. Sismo X: Modo 1. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Sismo X: Modo 2

En el segundo modo de vibración se observa una forma modal más compleja, caracterizada por desplazamientos mayores en niveles intermedios y superiores, alcanzando un máximo de aproximadamente 75 mm. A diferencia del primer modo, aquí aparecen curvaturas significativas en la deformada, lo cual evidencia diferencias en la rigidez entre pisos y la posible presencia de irregularidades en altura. Este patrón de vibración, aunque no representa el movimiento global principal, es relevante porque concentra deformaciones locales que pueden comprometer el desempeño estructural en determinados niveles de la edificación, por lo cual se torna esencial incluirlo dentro del análisis de la vulnerabilidad sísmica de la estructura

Ilustración 51

Sismo X: Modo 2



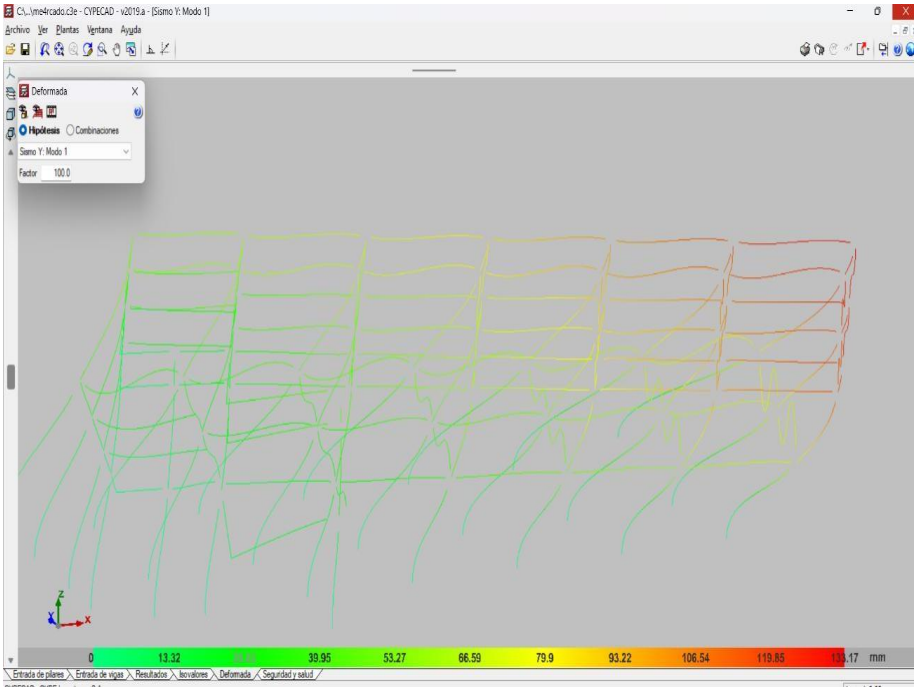
Nota. Sismo X: Modo 2. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Sismo Y: Modo 1

En el modo uno de vibración en la dirección Y, presenta un desplazamiento predominante de traslación global, con incrementos graduales de deformación desde la base hasta los niveles superiores. Se observa que los desplazamientos máximos alcanzan aproximadamente 133 mm, lo cual es significativamente mayor en comparación con los modos en la dirección X. Este comportamiento evidencia que la edificación posee una mayor flexibilidad en la dirección Y, posiblemente asociada a diferencias en la rigidez lateral entre ambos ejes principales. La respuesta modal muestra además que ciertos ejes presentan mayores distorsiones, lo que sugiere la existencia de irregularidades en la distribución de la rigidez o en la configuración estructural.

Ilustración 52

Sismo Y: Modo 1



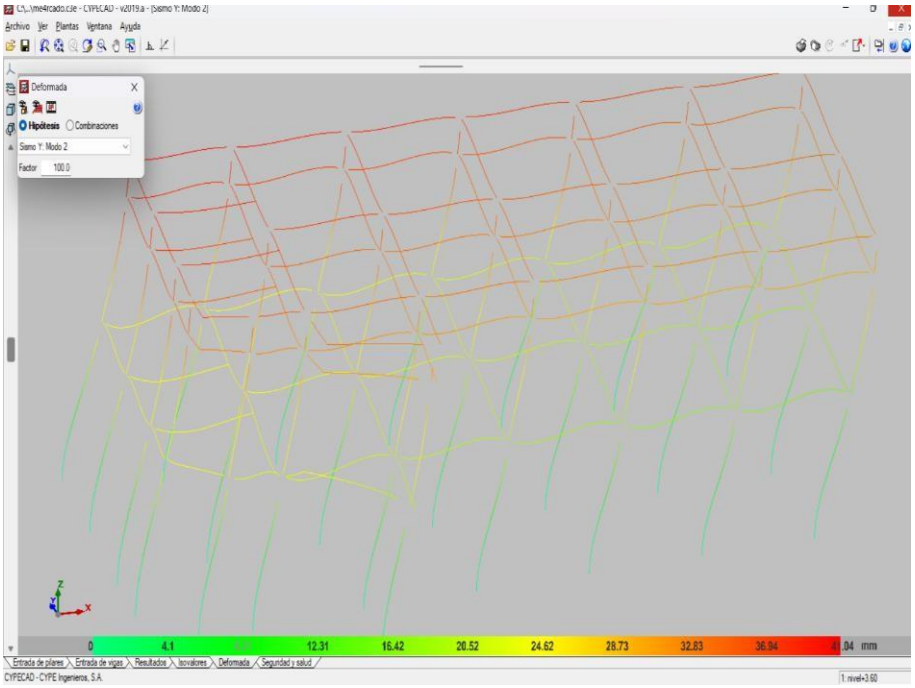
Nota. Sismo Y: Modo 1. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

Sismo Y: Modo 2

el sismo en dirección Y (modo 2) muestra el patrón de vibración lateral de la estructura, donde los desplazamientos varían progresivamente entre niveles, alcanzando un valor máximo cercano a 41 mm según la escala de colores. Cabe señalar que la figura se encuentra amplificada con un factor de 100 para facilitar su visualización, por lo que las deformaciones reales son mucho menores. Este resultado permite identificar la flexibilidad de la edificación y las zonas de mayor desplazamiento relativo, aspectos fundamentales para la verificación del drift entre pisos y la conformidad con los requerimientos estipulados por la normativa sísmica.

Ilustración 53

Sismo Y: Modo 2



Nota. Sismo Y: Modo 2. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

4.3. Resultado según el Objetivo 3:

Proponer medidas de mitigación frente a una amenaza sísmica basadas en los resultados obtenidos en el modelamiento estructural y su nivel de vulnerabilidad.

En relación a los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología FEMA 154 y el modelamiento estructural con el software CYPECAD, se plantean a continuación medidas específicas orientadas a reducir los riesgos ante una amenaza sísmica en el Mercado Central de San Pablo de Atenas.

En primera instancia, la inspección visual realizada conforme a la matriz de evaluación sísmica simplificada basada en FEMA 154, permitió establecer que la edificación, una estructura de hormigón armado (tipología C1) de dos pisos, presenta una vulnerabilidad sísmica media con un puntaje final S de 1.8. No obstante, se identificó que el mercado se encuentra asentado sobre suelos tipo D y las irregularidades en planta lo que afecta el puntaje.

Por otro lado, el análisis detallado mediante el software CYPECAD, utilizando el método dinámico modal espectral y basado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS (2015), arrojó que la vulnerabilidad sísmica general de la estructura es baja ya que cumplen con los parámetros establecidos con la NEC.

Por lo tanto, considerando ambos análisis la evaluación visual (FEMA 154) y el modelamiento estructural (CYPECAD) se propone una serie de medidas estructurales, no estructurales y funcionales orientadas a fortalecer la seguridad y resiliencia del edificio, garantizando su adecuada operatividad y protección de los usuarios ante un evento sísmico.

4.3.1. Medidas Estructurales

Tabla 12

Propuestas de medidas de mitigación ante una amenaza sísmica

Medidas Estructurales

Área	Medida Propuesta	Tipo	Responsable
Integridad estructural general	Realizar un refuerzo integral en elementos clave (vigas, columnas y conexiones), priorizando técnicas que aumenten la capacidad sísmica sin alterar la funcionalidad del edificio.	Correctiva	GAD San Miguel de Bolívar
Uniones y anclajes	Evaluar y mejorar las conexiones entre componentes estructurales, especialmente en zonas intervenidas o remodeladas.	Correctiva	GAD San Miguel de Bolívar
Mantenimiento estructural	Establecer rutinas de inspección y mantenimiento preventivo semestral del sistema estructural.	Preventiva	GAD San Miguel de Bolívar – Administración del mercado

4.3.1.2. Medidas No Estructurales

Elemento	Medida Específica	Tipo	Responsable
Mobiliario liviano	Anclar estantes, vitrinas, lámparas y objetos colgantes al sistema estructural para evitar caídas durante un sismo.	Preventiva	GAD San Miguel de Bolívar – Administración del mercado
Sistemas eléctricos y de gas	Incorporar dispositivos de corte automático para prevenir incendios o fugas durante un movimiento sísmico.	Preventiva	GAD San Miguel de Bolívar / Técnico electricista-gasista
Cerramientos y ventanas	Instalar láminas de seguridad en vidrios y reforzar marcos para reducir el riesgo de fragmentación peligrosa.	Correctiva	GAD San Miguel de Bolívar – Personal de mantenimiento

4.3.1.3. Medidas Funcionales y de Gestión del Riesgo

Componente	Acción Específica	Tipo	Responsable
Zonificación de seguridad	Señalizar rutas de evacuación, puntos de encuentro y zonas de seguridad con cartelería visible y luminiscente.	Preventiva	GAD San Miguel de Bolívar – Dirección de Gestión de Riesgos

Simulacros y capacitación	Realizar simulacros mensuales de evacuación, con participación obligatoria de comerciantes, y capacitaciones cada 6 meses en primeros auxilios, uso de extintores y respuesta inicial ante sismos.	Preventiva	Cuerpo de Bomberos / GAD San Miguel de Bolívar – Gestión de Riesgos
Plan de evacuación	Diseñar un plan actualizado, impreso y ubicado en lugares visibles dentro del mercado, elaborado de forma participativa con los comerciantes.	Preventiva	GAD San Miguel de Bolívar – Técnico en Gestión de Riesgos
Botiquines y equipos de emergencia	Colocar kits de emergencia (botiquines, linternas, radios, extintores) en áreas clave como ingresos principales, oficinas y zona de alimentos.	Preventiva	GAD San Miguel de Bolívar – Administración del mercado

4.3.1.4. Recomendaciones para el seguimiento técnico

Actividad	Detalle	Responsable
Inspección estructural periódica	Ejecutar una evaluación detallada cada dos años o tras eventos sísmicos ≥ 5 Mw, mediante técnicos certificados.	Ingeniero estructural
Mantenimiento correctivo	Implementar un cronograma semestral de mantenimiento para cubiertas, anclajes, cimentación y sistemas de instalaciones.	Administración del mercado
Actualización normativa	Revisar anualmente las modificaciones a la NEC y adaptar tanto el diseño estructural como los protocolos de gestión del riesgo.	Director de obras publicas

Nota. Medidas Estructurales. Fuente: (Elaboración propia, 2025)

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La aplicación de la metodología FEMA 154 permitió caracterizar la estructura del mercado San Pablo de Atenas y determinar su nivel de vulnerabilidad sísmica. Se identificó que, aunque la edificación es de baja altura y está construida con hormigón armado conforme a normativas modernas, presenta irregularidades verticales y se ubica sobre un suelo tipo D, factores que afectan negativamente su comportamiento sísmico. El puntaje S obtenido (1.8) la ubica en un nivel de vulnerabilidad sísmica media, evidenciando que, pese a sus características favorables, existen condiciones estructurales que podrían comprometer su desempeño ante un sismo de gran intensidad.
- El modelamiento en CYPECAD no solo permitió ver cómo se comportaría el mercado frente a un sismo, sino que también dio las bases para gestionar el riesgo, ya que ayuda a prever posibles daños, definir refuerzos necesarios, organizar planes de emergencia y asegurar que el mercado pueda seguir funcionando ya que de esta manera los resultados del análisis se convierten en acciones prácticas de prevención y protección para la comunidad.
- El modelamiento estructural del Mercado San Pablo de Atenas en CYPECAD permitió evaluar su respuesta dinámica cumpliendo la NEC-2015. El análisis modal evidenció una movilización superior al 90% de la masa en ambas direcciones, validando el modelo, y los periodos obtenidos (0.526 s y 0.461 s) corresponden a una estructura de baja a media altura con comportamiento adecuado. Se identificaron patologías

estructurales que deben considerarse frente a futuros sismos, aunque los desplazamientos y desplomes permanecen dentro de los límites normativos, lo que descarta deficiencias críticas. No obstante, el primer modo muestra un comportamiento torsional con alta participación en la dirección Y, reflejando una asimetría entre el centro de masa y de rigidez. Esta condición puede amplificar desplazamientos y generar daños localizados, por lo que las intervenciones futuras deben enfocarse en reducir excentricidades mediante mayor rigidez, redistribución de masas o mejoras en las conexiones estructurales.

- El análisis de riesgos del mercado San Pablo de Atenas se realizó a través de la aplicación de la metodología FEMA 154, que permitió identificar la vulnerabilidad estructural de manera sistemática, complementada con el modelamiento estructural en CYPECAD siguiendo la NEC-2015, lo que posibilitó evaluar el desempeño dinámico de la edificación frente a escenarios sísmicos. Este enfoque combinado facilitó no solo un diagnóstico técnico de la seguridad estructural, sino también la definición de niveles de riesgo que sirven como base para la toma de decisiones.
- La propuesta de medidas de mitigación frente a una amenaza sísmica resulta fundamental al evidenciarse condiciones estructurales y contextuales que podrían comprometer la integridad de los ocupantes y la operatividad del edificio durante un sismo. Este tipo de acciones es esencial en edificaciones de uso público con alta afluencia de personas, ya que permite anticipar posibles fallas, minimizar daños y garantizar una respuesta más eficiente ante emergencias, contribuyendo así a la

protección de vidas humanas y a la continuidad funcional de infraestructuras críticas.

A partir del análisis de la vulnerabilidad sísmica mediante la matriz FEMA 154 y el modelamiento estructural con el software CYPECAD se identificaron debilidades en la estructura del Mercado de San Pablo de Atenas lo que permitió proponer un conjunto integral de medidas de reducción de riesgos.

Recomendaciones

- Es necesario ejecutar un programa de refuerzo estructural que permita corregir las irregularidades verticales y la asimetría en la distribución de masa y rigidez que presenta la edificación del Mercado San Pablo de Atenas. Aunque la estructura fue construida bajo normativas modernas y responde adecuadamente ante cargas sísmicas según el análisis realizado con CYPECAD, se identificó un comportamiento torsional que podría provocar desplazamientos significativos en ciertos puntos durante un evento sísmico. Este fenómeno representa un riesgo para la estabilidad localizada de la edificación, por lo que se recomienda reforzarla mediante la incorporación de elementos estructurales adicionales, como muros de corte o pórticos en zonas estratégicas, así como mejorar las conexiones entre los elementos existentes. Estas intervenciones deben ser cuidadosamente evaluadas y diseñadas por profesionales capacitados, de forma que se asegure una mejora efectiva en el desempeño estructural ante sismos.

- Dado que el mercado se encuentra sobre un suelo clasificado como tipo D, según el PDOT y la NEC, es fundamental considerar medidas que mitiguen los efectos adversos que esta condición del terreno puede ocasionar en caso de un sismo. Este tipo de suelo tiene una mayor capacidad para amplificar las ondas sísmicas, lo que puede agravar el impacto del movimiento del terreno en la estructura, independientemente de la calidad del diseño estructural. Entre estas medidas podrían considerarse la compactación, el uso de pilotes o la modificación del sistema de cimentación, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad asociada a las condiciones del subsuelo y garantizar una respuesta más estable de la edificación ante eventos sísmicos.
- Los resultados obtenidos del modelamiento estructural en CYPECAD deben emplearse como una herramienta técnica para la gestión integral del riesgo sísmico del Mercado San Pablo de Atenas. A partir del análisis realizado, es necesario planificar e implementar medidas de prevención y mitigación que contemplen refuerzos estructurales, la elaboración de planes de emergencia y estrategias de continuidad operativa. Con ello se fortalecerá la resiliencia del mercado frente a eventos sísmicos, asegurando la protección de la infraestructura y la seguridad de la comunidad que depende de su funcionamiento.
- Para mejorar la seguridad sísmica del Mercado San Pablo de Atenas, es esencial abordar la asimetría estructural identificada durante el análisis. Aunque el comportamiento sísmico general

cumple con las normativas, se recomienda implementar un programa de refuerzo que incluya la incorporación de elementos adicionales de rigidez, como muros de corte o pórticos estratégicos, y una redistribución de las masas en áreas críticas. Además, mejorar las conexiones estructurales podría mitigar los efectos torsionales detectados y reducir el riesgo de desplazamientos excesivos en zonas específicas. Estas intervenciones permitirán optimizar la respuesta del edificio ante futuros eventos sísmicos y garantizar una mayor seguridad para los ocupantes.

- Además de las intervenciones estructurales, es indispensable establecer un plan de mantenimiento y gestión del riesgo sísmico que asegure la funcionalidad y seguridad continua del mercado. Dado su carácter de edificación pública con alta afluencia de personas, se requiere implementar un conjunto de acciones orientadas a la prevención y preparación ante emergencias. Este plan debe incluir inspecciones periódicas que permitan detectar a tiempo posibles daños estructurales, fisuras o asentamientos, así como tareas de mantenimiento preventivo. También es necesario contar con señalización clara de rutas de evacuación, organizar simulacros de sismo con participación del personal y los comerciantes, y desarrollar un plan de emergencia específico con roles definidos. Estas acciones fortalecerán la capacidad de respuesta de la comunidad frente a un evento sísmico,

contribuyendo a la protección de vidas humanas y al funcionamiento continuo del mercado en situaciones críticas.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

DÍAZ, Gloria. Efectos de los Sismos, 3ª edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial Nobuko, 2014

Aguilar Arriola, E. J. (2016). Importancia de la vulnerabilidad estructural de la vivienda unifamiliar en el riesgo urbano. Modelo de estudio ciudad de Managua, Nicaragua. *Revista de Urbanismo*, *0*(35). https://doi.org/10.5354/0717-5051.2016.43090

Aguilar, E. J., & Rosales Rivera, B. (2019). Índice de Vulnerabilidad Estructural, No Estructural y Funcional de las Edificaciones de Uso Turístico ante Sismos y Tsunamis. *Revista Arquitectura +*, *4*(8), 19–36. https://doi.org/10.5377/ARQUITECTURA.V4I8.8857

Aguilar E, R. B. (2019, December 8). *Vista de Índice de Vulnerabilidad Estructural, No Estructural y Funcional de las Edificaciones de Uso Turístico ante Sismos y Tsunamis.* https://revistas.uni.edu.ni/index.php/Arquitectura/article/view/261/270

Aguilar Iza, L. D. (2015). *Evaluación estructural mediante el fema 154 del NEC y propuesta de reforzamiento de la Institución Honrar La Vida del D. M. Q*. Quito: UCE. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5300

AJH Soluciones Integrales, diseño estructural Medellín, Ingenieros calculistas Medellín, Ingeniería civil Medellín, Ingenieros consultores Medellín, Ingeniería estructural, Construcción de edificaciones comerciales, Desarrollo inmobiliario, diseño estructural Medellín, construcción de obras civiles Medellín, ingenieros geólogos Medellín, ingenieros estructurales. (n.d.). Retrieved July 30, 2025, from https://www.sioingenieria.com//portal/novedades/vulnerabilidad-estructural-y-no-estructural

Cárdenas Paredes, L. A. M. (2008). Análisis de Vulnerabilidad Estructural del Hotel Comercio. *Repositorio Institucional - URP*. https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/123

Carlos, B., Calle, E., Metodólogo, N. A., María, M. A., & Millones, G. (2017). *FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL*.

Comunicaciones FAU, U. de C. (2023, October). *Expertos analizan la vulnerabilidad socioeconómica como factor de riesgo frente a eventos de*

desastre - Universidad de Chile. https://uchile.cl/noticias/210041/la-vulnerabilidad-socioeconomica-como-factor-de-riesgo-ante-desastres

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Registro Oficial*, *449*(20), 25–2021. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Darío Cardona, O. A. (2003). *LA NECESIDAD DE REPENSAR DE MANERA HOLISTICA LOS CONCEPTOS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO "Una Crítica y una Revisión Necesaria para la Gestión" 1*.

Dr. Wolfgang Griem. (2020). *Apuntes Geología General: Terremotos y sismología*. https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap01d.htm

Edwin P. Duque, Cristhian Fernando Quiñonez Riofrío, & Jessie Devaky Cueva Oviedo. (2022). *Tipologías estructurales representativas de la zona de estudio. (un)... | Descargar Diagrama Científico*. https://www.researchgate.net/figure/Tipologias-estructurales-representativas-de-la-zona-de-estudio-a-Tipologia-A-b_fig1_361888299

Escalas de los sismos. (n.d.). Retrieved November 24, 2024, from https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Informacion_complementaria/Escalas-sismos.html

Evaluación de vulnerabilidad: qué es y cómo realizarla. (2022). https://www.pandasecurity.com/es/mediacenter/evaluacion-vulnerabilidad/

Expertos analizan la vulnerabilidad socioeconómica como factor de riesgo frente a eventos de desastre - Universidad de Chile. (2023). https://uchile.cl/noticias/210041/la-vulnerabilidad-socioeconomica-como-factor-de-riesgo-ante-desastres

FEMA P-154. (2015, June). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handboo*. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf

Instituto Geofísico. (n.d.). *Peligro Sísmico - Instituto Geofísico - EPN*. Retrieved April 23, 2025, from https://www.igepn.edu.ec/peligro-sismico

Logo MAPFRE Global Risks. (2023). *Terremotos: la construcción antisísmica en Latinoamérica - MAPFRE Global Risks*. https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/terremotos-construccion-antisismica-latinoamerica/

Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. (2015).

MIDUVI. (2020, September 21). *Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad*. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/0.-Manual_procedimiento_evaluacio%CC%81n_edificaciones_MIDUVI.pdf?utm_source=chatgpt.com

MIDUVI. (2023). *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – MIDUVI – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018, March). *LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL,USO Y GESTIÓN DEL SUELO*. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/LOOTUGS-Correspondencias-Juridicas_oficial_8M.pdf

Moreta Viscarra, J. valeria. (2015). *Evaluación estructural mediante el fema 154 del NEC y propuesta de reforzamiento del Centro Educativo Juan Pablo I del D. M. Q*. Quito: UCE. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5295

Navas-Sánchez, L., Jiménez-Martínez, M., González-Rodrigo, B., Hernández-Rubio, O., Dávila-Migoya, L. D., Orta-Rial, B., & Hidalgo-Leiva, D. (2023). A methodology to assess and select seismic fragility curves: Application to the case of Costa Rica. *Earthquake Spectra*, *39*(3), 1380–1409. https://doi.org/10.1177/87552930231171177

NEC. (2015). *Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la norma ecuatoriana de construcción*. https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/guia-practica-para-el-diseno-de-estructuras-de-acero-de-conformidad-con-la-norma-ecuatoriana-de-construccion-nec-2015

Paucar Camacho, A., Ramírez, F., Villacis, L., & Pazmiño, C. (2018). *ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DEL CANTÓN SAN MIGUEL DE BOLÍVAR. PERFIL*

TERRITORIAL, 2018. https://editorial.ueb.edu.ec/index.php/EDITORIAL/catalog/view/43/42/180-1

Pérez León Gabriel. (2023). *INVESTIGACIÓN DE CAMPO: Qué es y ejemplos*. https://gplresearch.com/investigacion-de-campo/#google_vignette

Ramírez Eudave, R., & Ferreira, T. M. (n.d.). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS HISTÓRICOS DE MAMPOSTERÍA USANDO MODELOS SEMÁNTICOS*.

Riesgo por la Actividad de la Construcción - IDIGER. (2024). https://www.idiger.gov.co/rconstrucciones

Rodriguez Rosa. (2018). *Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz*.

Servicio Geológico de Estados Unidos. (n.d.). *Escala de Intensidad de Mercalli Modificada* . Retrieved May 9, 2025, from https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale

Servicio Geológico Mexicano. (2017a). *SISMOS: Causas, características e impactos | Servicio Geológico Mexicano | Gobierno | gob.mx*. https://www.gob.mx/sgm/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos?idiom=es

Servicio Geológico Mexicano. (2017b, October 2). *SISMOS: Causas, características e impactos* . https://www.gob.mx/sgm/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos?idiom=es

Servicio Geológico Mexicano. (2017c, October 2). *SISMOS: Causas, características e impactos* . https://www.gob.mx/sgm/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos?idiom=es

Veracruz Centro. (2022, September 17). *¿Qué va a pasar el 19 de septiembre de 2022? Mitos sobre un sismo desmentido - Veracruz Centro*. https://veracruzcentro.com/que-va-a-pasar-el-19-de-septiembre-de-2022-mitos-sobre-un-sismo-desmentido/

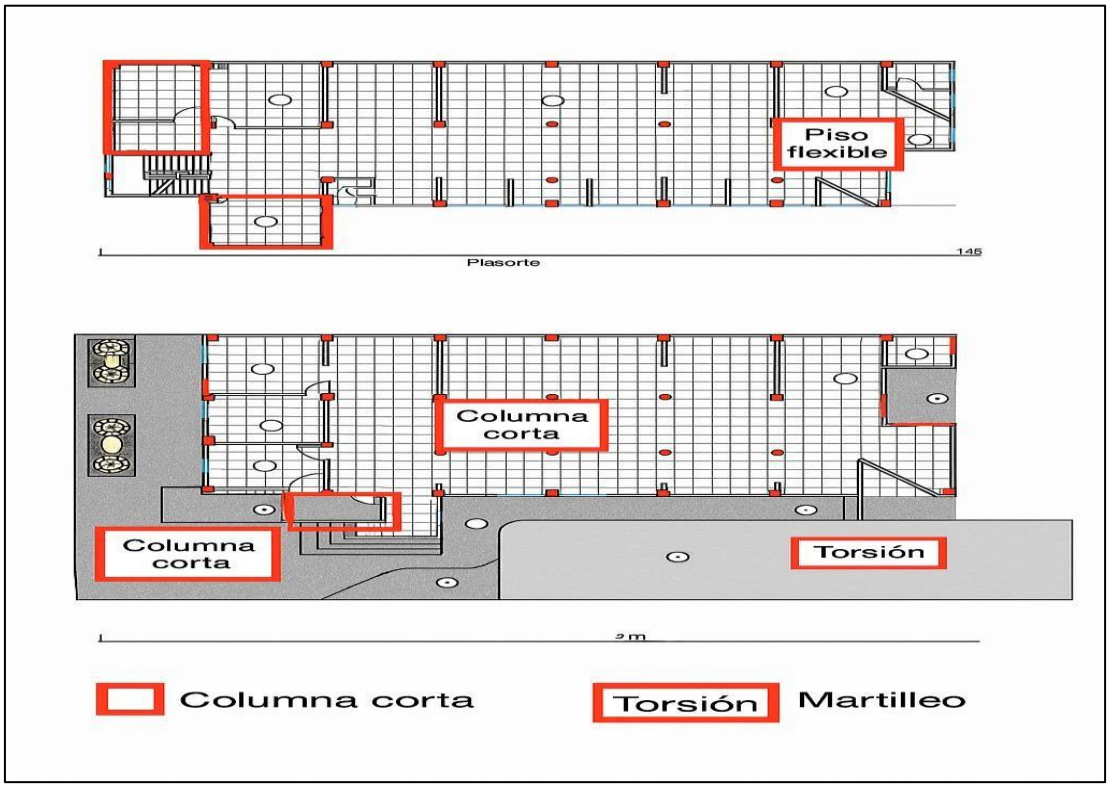
Victoria Munilla. (2023). *Procesos geológicos internos - Ejemplos y resumen*. https://www.geoenciclopedia.com/procesos-geologicos-internos-722.html

ANEXOS

Anexo 1 Tabla de Patologías estructurales

Problema	Ubicación	Descripción / Consecuencia
Columna Corta	Zona izquierda inferior de la planta	Columnas con altura útil reducida por muros de cerramiento; generan concentraciones de esfuerzos que pueden llevar al colapso durante un sismo.
Resonancia	Parte central de la planta	Coincidencia de frecuencias de vibración en columnas y paredes; amplifica vibraciones sísmicas y aumenta desplazamientos horizontales.
Piso Blando	Zona central del primer nivel	Escasa cantidad de muros de carga frente a columnas; provoca menor rigidez y deformación excesiva durante un sismo.
Piso Flexible	Zona derecha de la planta alta	Rigidez reducida por la disposición de losas y conexión con columnas; incrementa deformaciones horizontales y riesgo de colapso si uniones no están reforzadas.
Torsión	Sector derecho de la edificación	Distribución asimétrica de masas y rigideces; genera giros no deseados que aumentan daños y movimientos irregulares.
Exceso de Derivas	Extremos norte y sur de la planta	Falta de rigidez lateral; produce desplazamientos horizontales excesivos y compromete la estabilidad estructural.
Martilleo	Zonas de escaleras y losas adyacentes	Impactos repetidos entre elementos rígidos y flexibles; generan fisuras, grietas y daño en uniones.
Incompatibilidad de Materiales	Contacto entre columnas de concreto y muros de mampostería	Diferencia de comportamiento estructural entre materiales; reduce eficacia de transmisión de cargas y aumenta riesgo de daño.

Anexo 2 Ubicación de las patologías estructurales (Primer y Segundo piso)



Anexo 3 Informe de la justificación sísmica

1.- SISMO

Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014

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

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e)

1.1.- Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): V

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): D

Sistema estructural

R_x: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) R_x : *8.00*

R_y: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) R_y : *8.00*

Φ_p: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) Φ_p : *1.00*

Φ_e: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) Φ_e : *1.00*

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma

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

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

h: Altura del edificio **h** : *11.01* m

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso : *0.00*

Factor multiplicador del espectro : *1.00*

Efectos de la componente sísmica vertical

No se consideran

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Según NEC-SE-DS 2014

Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 0.5

Vigas secundarias frente a la acción sísmica: 0.01

Forjados primarios frente a la acción sísmica: 0.5

Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01

Pilares: 0.8

Pantallas: 0.6

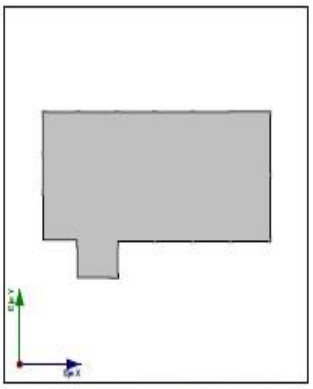
Muros: 0.6

Muros de fábrica: 0.5

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

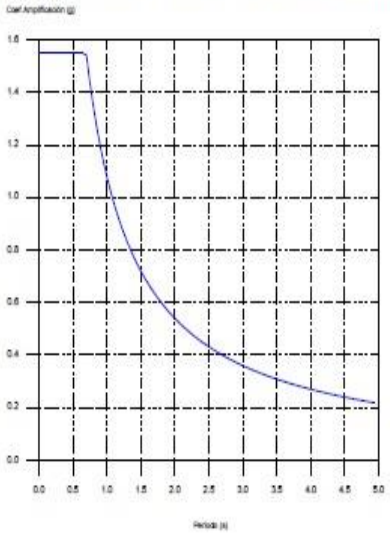
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.2.- Espectro de cálculo

1.2.1.- Espectro elástico de aceleraciones



Coef.Amplificación:

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I \qquad T \le T_C$$

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)^r \qquad T > T_C$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.548 g.

NEC-SE-DS 2014 (3.3.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

Z: Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1) — **Z** : *0.40*

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): V

η: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) — η : *2.48*

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

F_a: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3) — F_a : *1.20*

F_d: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4) — F_d : *1.19*

F_s: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5) — F_s : *1.28*

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): D

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): V

I: Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6) **I** : *1.30*

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial

r: Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) **r** : *1.00*

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): D

T_C: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) T_c : *0.70* s

$$T_C = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

1.2.2.- Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ($R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E$) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E}$$

Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

R_X: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) R_X : *8.00*

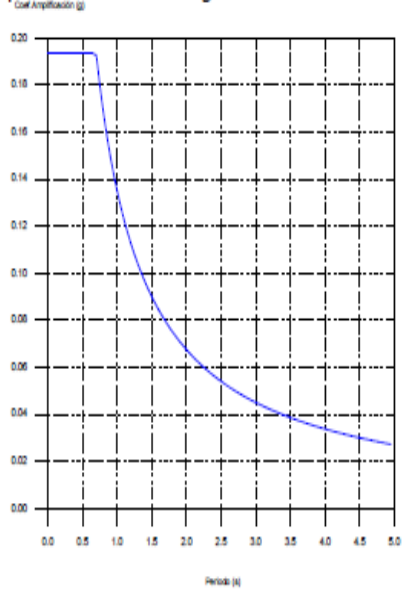
R_Y: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) R_Y : *8.00*

Φ_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) Φ_P : *1.00*

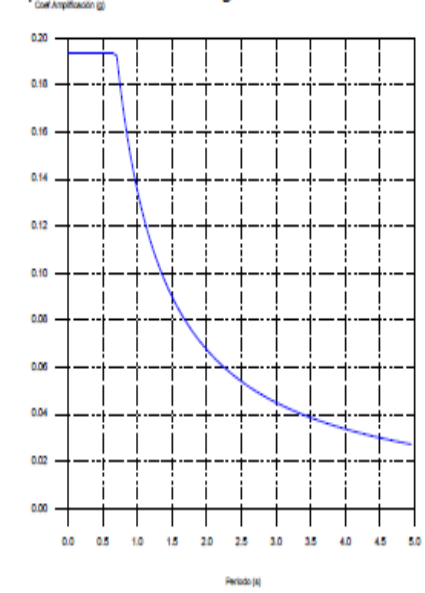
Φ_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) Φ_E : *1.00*

NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



1.3.- Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.526	0.0606	0.1978	0.9784	6.35 %	67.66 %	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 13.323 mm	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 13.323 mm
Modo 2	0.461	0.5707	0.2149	0.7925	80.9 %	11.46 %	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 10.2187 mm	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 10.2187 mm
Modo 3	0.365	0.0359	0.051	0.9981	7.11 %	14.34 %	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 6.38798 mm	R = 8 A = 1.898 m/s² D = 6.38798 mm
Total					94.36 %	93.46 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

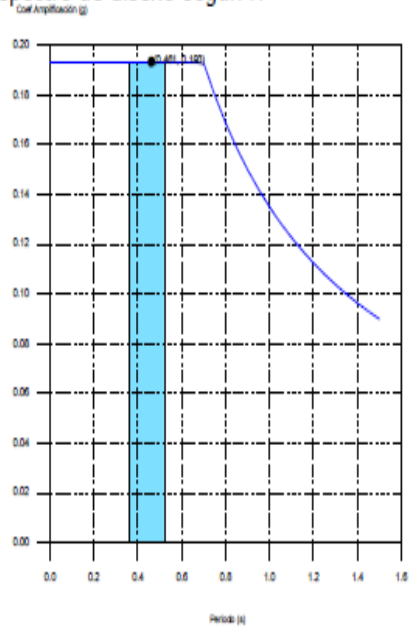
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

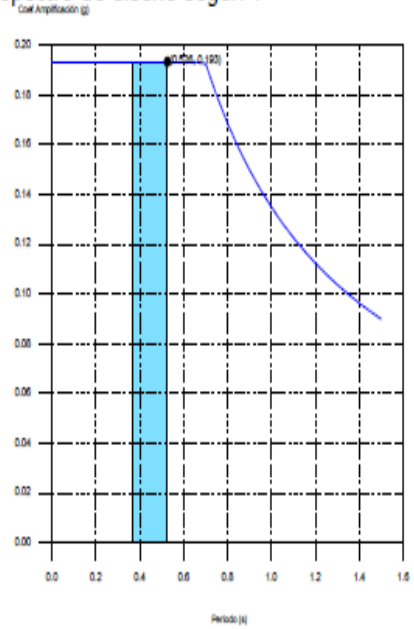
D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y



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

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.461	0.193

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.526	0.193

1.4.- Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_X (m)	e_Y (m)
nivel+8.90	(14.56, 9.76)	(13.80, 8.84)	0.76	0.93
nivel+7.40	(16.16, 10.63)	(13.68, 8.71)	2.48	1.93
nivel+3.60	(16.06, 10.59)	(12.27, 7.10)	3.79	3.48

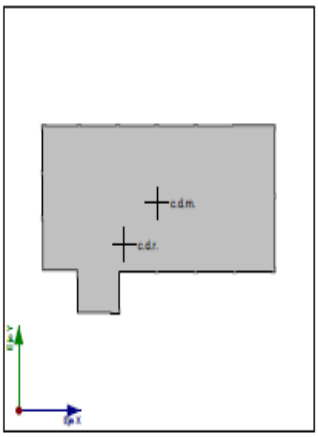
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

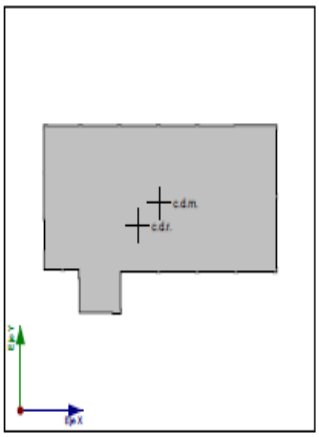
e_X: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_Y: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

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



nivel+3.60



nivel+7.40

1.5.- Corrección por cortante basal

1.5.1.- Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	6.2226	83.0348
	Modo 2	79.2339	
	Modo 3	6.9628	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (t)	$V_{d,Y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	66.3176	73.7084
	Modo 2	11.2308	
	Modo 3	14.0574	

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.5.2.- Cortante basal estático

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

$V_{s,X}$: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) — **$V_{s,X}$** : *97.9334* t

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

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) — **$S_{d,X}(T_a)$** : *0.193* g

$T_{a,X}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,X}$** : *0.49* s

$$T_a = 0.072 \cdot h^{0.8}$$

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

h: Altura del edificio — **h** : *11.01* m

$V_{s,Y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) — **$V_{s,Y}$** : *97.9334* t

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

$S_{d,Y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) — **$S_{d,Y}(T_a)$** : *0.193* g

$T_{a,Y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,Y}$** : *0.49* s

$$T_a = 0.072 \cdot h^{0.8}$$

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

h: Altura del edificio — **h** : *11.01* m

W: Peso sísmico total de la estructura — **W** : *506.2725* t

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

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

w_i: Peso sísmico total de la planta "i"

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

Planta	w_i (t)
nivel+8.90	5.2500
nivel+7.40	242.7378
nivel+3.60	258.2847
$W=\sum w_i$	**506.2725**

1.5.3.- Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

NEC-SE-DS 2014 (6.2.2b)

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 83.0348 t ≥ 78.3467 t	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 73.7084 t ≥ 78.3467 t	1.06

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

N.P.: No procede

1.6.- Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

1.6.1.- Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

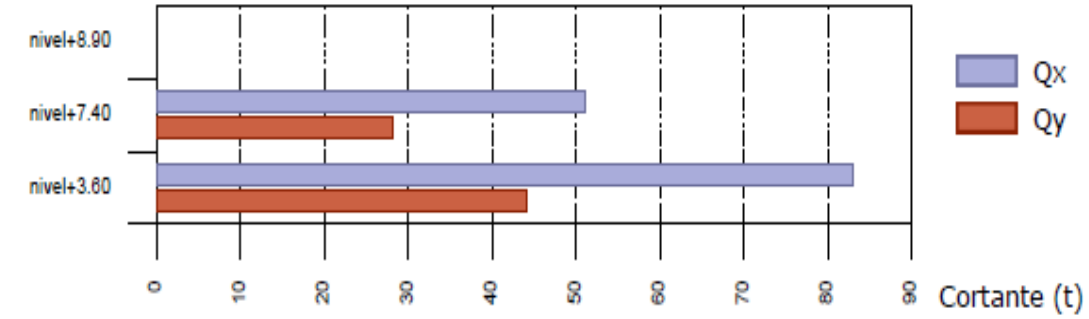
Planta	Q_X (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_Y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
nivel+8.90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
nivel+7.40	50.9723	50.9723	28.2293	28.2293
nivel+3.60	83.0348	32.0656	44.2099	15.9879

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

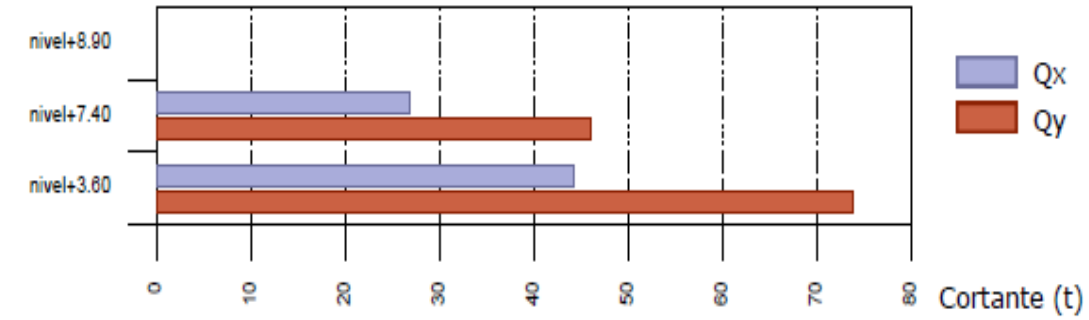
Planta	Q_X (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_Y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
nivel+8.90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
nivel+7.40	26.7893	26.7893	45.9501	45.9501
nivel+3.60	44.2170	17.4526	73.7084	27.7626

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1

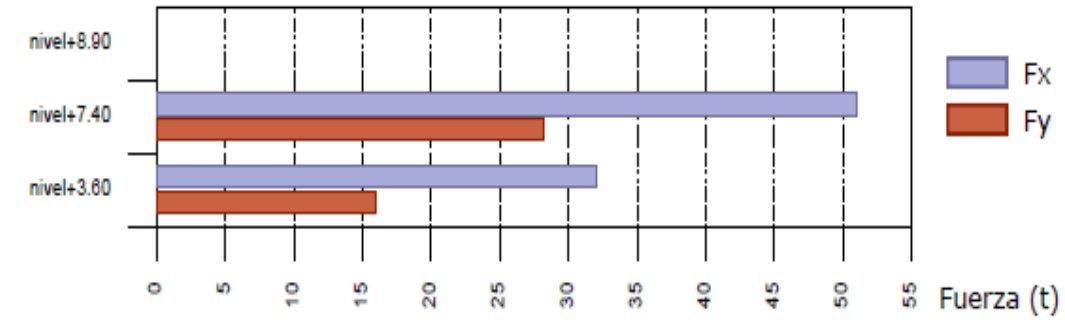


Hipótesis sísmica: Sismo Y1

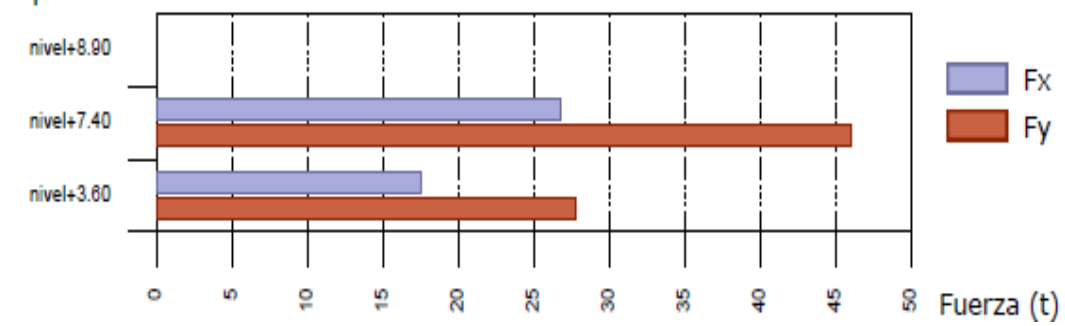


Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1



Anexo 4 Distorsión de Pilares

- h: Altura del nivel respecto al inmediato inferior
- Distorsión:
  Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior
  Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta
- Origen:
  G: Sólo gravitatorias
  GV: Gravitatorias + viento
- Nota:
  Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.
  El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0001	----	G	0.0003	----	G
C7	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0002	h / 6000	G	0.0003	h / 4000	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0002	----	G	0.0005	----	G
C9	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0002	h / 6000	G	0.0003	h / 4000	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0002	----	G	0.0001	----	G
C10	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0000	----	G	0.0006	h / 2000	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0004	----	G
C11	nivel+8.90	7.07	1.22	0.0000	----	G	0.0005	h / 2450	G
	nivel+7.40	5.85	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.68	4.18	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0003	----	G
C12	nivel+8.90	7.07	1.22	0.0000	----	G	0.0005	h / 2450	G
	nivel+7.40	5.85	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.68	4.18	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0003	----	G
C18	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0000	----	G	0.0005	h / 2400	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0007	----	G
C23	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0003	h / 4000	G	0.0000	----	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0003	----	G	0.0002	----	G
C24	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0002	h / 6000	G	0.0001	----	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0002	----	G	0.0001	----	G
C26	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0000	----	G	0.0005	h / 2400	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0007	----	G
C27	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0000	----	G	0.0005	h / 2400	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0007	----	G
C28	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0000	----	G	0.0005	h / 2400	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0007	----	G
C29	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0000	----	G	0.0005	h / 2400	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0008	----	G
C30	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0002	h / 6000	G	0.0001	----	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0002	----	G	0.0001	----	G
C31	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0002	----	G
C32	nivel+8.90	7.07	1.22	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+7.40	5.85	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.68	4.18	0.0000	----	G	0.0001	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0003	----	G
C33	nivel+8.90	7.07	1.22	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+7.40	5.85	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.68	4.18	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0003	----	G
C34	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0001	----	G	0.0001	----	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0003	----	G
C35	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0004	h / 3000	G	0.0001	----	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0004	----	G	0.0003	----	G
C36	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0001	----	G	0.0004	h / 3000	G
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0001	----	G	0.0002	----	G
C38	nivel+8.90	7.07	1.30	0.0001	----	G	0.0000	----	G
	nivel+7.40	5.77	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.60	4.10	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0001	----	G	0.0002	----	G
C40	nivel+8.90	7.07	1.30	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	nivel+7.40	5.77	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.60	4.10	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0001	----	G	0.0002	----	G
C41	nivel+8.90	7.07	1.15	0.0000	----	G	0.0000	----	G
	nivel+7.40	5.92	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.75	4.25	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0001	----	G	0.0002	----	G
C44	nivel+8.90	7.07	1.15	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+7.40	5.92	3.17	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	nivel+3.60	2.75	4.25	0.0000	----	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0000	----	G	0.0002	----	G

Situaciones sísmicas[1]									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C1	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0054	h / 223	----	0.0040	h / 300	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0272	h / 117	----	0.0186	h / 171	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0475	h / 89	----	0.0284	h / 148	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0801	h / 107	----	0.0508	h / 169	----
C7	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0058	h / 207	----	0.0117	h / 103	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0272	h / 117	----	0.0522	h / 61	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0475	h / 89	----	0.0828	h / 51	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0804	h / 107	----	0.1467	h / 59	----
C9	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0052	h / 231	----	0.0118	h / 102	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0239	h / 133	----	0.0522	h / 61	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0353	h / 119	----	0.0828	h / 51	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0644	h / 134	----	0.1463	h / 59	----
C10	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0040	h / 300	----	0.0101	h / 119	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0239	h / 133	----	0.0445	h / 72	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0353	h / 119	----	0.0701	h / 60	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0631	h / 136	----	0.1243	h / 69	----
C11	nivel+8.90	7.07	1.22	0.0041	h / 299	----	0.0081	h / 152	----
	nivel+7.40	5.85	3.17	0.0239	h / 133	----	0.0371	h / 86	----
	nivel+3.60	2.68	4.18	0.0353	h / 119	----	0.0575	h / 73	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0633	h / 136	----	0.1023	h / 84	----
C12	nivel+8.90	7.07	1.22	0.0041	h / 299	----	0.0068	h / 181	----
	nivel+7.40	5.85	3.17	0.0239	h / 133	----	0.0306	h / 104	----
	nivel+3.60	2.68	4.18	0.0353	h / 119	----	0.0461	h / 91	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0633	h / 136	----	0.0831	h / 104	----
C18	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0042	h / 286	----	0.0050	h / 240	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0272	h / 117	----	0.0205	h / 155	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0475	h / 89	----	0.0277	h / 152	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0789	h / 109	----	0.0532	h / 162	----
C23	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0056	h / 215	----	0.0028	h / 429	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0253	h / 126	----	0.0186	h / 171	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0426	h / 99	----	0.0284	h / 148	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0736	h / 117	----	0.0497	h / 173	----
C24	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0055	h / 219	----	0.0034	h / 353	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0242	h / 131	----	0.0186	h / 171	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0389	h / 108	----	0.0284	h / 148	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0685	h / 126	----	0.0501	h / 172	----

Situaciones sísmicas[1]									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C26	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0044	h / 273	----	0.0058	h / 207	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0272	h / 117	----	0.0248	h / 128	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0475	h / 89	----	0.0359	h / 117	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0791	h / 109	----	0.0665	h / 129	----
C27	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0044	h / 273	----	0.0072	h / 167	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0272	h / 117	----	0.0306	h / 104	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0475	h / 89	----	0.0461	h / 92	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0791	h / 109	----	0.0839	h / 103	----
C28	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0044	h / 273	----	0.0084	h / 143	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0272	h / 117	----	0.0371	h / 86	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0475	h / 89	----	0.0575	h / 74	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0791	h / 109	----	0.1031	h / 84	----
C29	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0046	h / 261	----	0.0100	h / 120	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0272	h / 117	----	0.0445	h / 72	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0475	h / 89	----	0.0701	h / 60	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0792	h / 109	----	0.1246	h / 69	----
C30	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0046	h / 261	----	0.0036	h / 334	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0247	h / 129	----	0.0205	h / 155	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0406	h / 104	----	0.0277	h / 152	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0699	h / 123	----	0.0516	h / 167	----
C31	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0038	h / 316	----	0.0044	h / 273	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0247	h / 129	----	0.0248	h / 128	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0406	h / 104	----	0.0359	h / 117	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0691	h / 125	----	0.0651	h / 132	----
C32	nivel+8.90	7.07	1.22	0.0039	h / 315	----	0.0054	h / 227	----
	nivel+7.40	5.85	3.17	0.0247	h / 129	----	0.0306	h / 104	----
	nivel+3.60	2.68	4.18	0.0406	h / 103	----	0.0461	h / 91	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0693	h / 124	----	0.0821	h / 105	----
C33	nivel+8.90	7.07	1.22	0.0039	h / 315	----	0.0064	h / 192	----
	nivel+7.40	5.85	3.17	0.0247	h / 129	----	0.0371	h / 86	----
	nivel+3.60	2.68	4.18	0.0406	h / 103	----	0.0575	h / 73	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0693	h / 124	----	0.1010	h / 85	----
C34	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0038	h / 316	----	0.0079	h / 152	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0247	h / 129	----	0.0445	h / 72	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0406	h / 104	----	0.0701	h / 60	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0691	h / 125	----	0.1224	h / 71	----

Situaciones sísmicas[1]									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C35	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0052	h / 231	----	0.0098	h / 123	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0247	h / 129	----	0.0522	h / 61	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0406	h / 104	----	0.0828	h / 51	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0705	h / 122	----	0.1448	h / 60	----
C36	nivel+8.90	7.07	1.20	0.0038	h / 316	----	0.0044	h / 273	----
	nivel+7.40	5.87	3.17	0.0239	h / 133	----	0.0248	h / 128	----
	nivel+3.60	2.70	4.20	0.0353	h / 119	----	0.0359	h / 117	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0630	h / 137	----	0.0647	h / 133	----
C38	nivel+8.90	7.07	1.30	0.0057	h / 229	----	0.0057	h / 229	----
	nivel+7.40	5.77	3.17	0.0240	h / 133	----	0.0205	h / 155	----
	nivel+3.60	2.60	4.10	0.0352	h / 117	----	0.0277	h / 149	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0649	h / 133	----	0.0539	h / 159	----
C40	nivel+8.90	7.07	1.30	0.0069	h / 189	----	0.0061	h / 214	----
	nivel+7.40	5.77	3.17	0.0246	h / 129	----	0.0245	h / 130	----
	nivel+3.60	2.60	4.10	0.0347	h / 119	----	0.0352	h / 117	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0662	h / 130	----	0.0658	h / 131	----
C41	nivel+8.90	7.07	1.15	0.0044	h / 262	----	0.0054	h / 213	----
	nivel+7.40	5.92	3.17	0.0239	h / 133	----	0.0192	h / 166	----
	nivel+3.60	2.75	4.25	0.0353	h / 121	----	0.0270	h / 158	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0636	h / 135	----	0.0499	h / 172	----
C44	nivel+8.90	7.07	1.15	0.0062	h / 186	----	0.0038	h / 303	----
	nivel+7.40	5.92	3.17	0.0237	h / 134	----	0.0186	h / 171	----
	nivel+3.60	2.75	4.25	0.0367	h / 116	----	0.0284	h / 150	----
	Cimentación	-1.50							
	Total		8.57	0.0665	h / 129	----	0.0507	h / 170	----

Notas:
[1] Las distorsiones están mayoradas por la ductilidad.

Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares (δ / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas[1]	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
nivel+8.90	1 / 3000 (C35)	1 / 2000 (C10)	1 / 186 (C44)	1 / 102 (C9)
nivel+7.40	----	----	1 / 117 (C1, ...)	1 / 61 (C7, ...)
nivel+3.60	----	----	1 / 89 (C1, ...)	1 / 51 (C7, ...)

Notas:
[1] Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Desplome total máximo de los pilares (Δ / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas[1]	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
----	----	1 / 107 (C1, C7)	1 / 59 (C7, C9)

Notas:
[1] Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Anexo 5 Matriz FEMA P-154

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards — **Level 1**
FEMA P-154 Data Collection Form — **VERY HIGH Seismicity**

PHOTOGRAPH

Address: _____ Zip: _____
Other Identifiers: _____
Building Name: _____
Use: _____
Latitude: _____ Longitude: _____
Ss: _____ S1: _____
Screener(s): _____ Date/Time: _____
No. Stories: Above Grade: ____ Below Grade: ____ Year Built: ____ ☐ EST
Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____
Additions: ☐ None ☐ Yes, Year(s) Built: _____
Occupancy: Assembly, Commercial, Emer. Services, ☐ Historic, ☐ Shelter, Industrial, Office, School, ☐ Government, Utility, Warehouse, Residential, # Units: _____
Soil Type: ☐A Hard Rock ☐B Avg. Rock ☐C Dense Soil ☐D Stiff Soil ☐E Soft Soil ☐F Poor Soil ☐ DNK *If DNK, assume Type D.*
Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK
Adjacency: ☐ Pounding ☐ Falling Hazards from Taller Adjacent Building
Irregularities: ☐ Vertical (type/severity) ☐ Plan (type)
Exterior Falling Hazards: ☐ Unbraced Chimneys ☐ Heavy Cladding or Heavy Veneer ☐ Parapets ☐ Appendages ☐ Other:

SKETCH

COMMENTS:

☐ Additional sketches or comments on separate page

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score		2.1	1.9	1.8	1.5	1.4	1.6	1.4	1.2	1.0	1.2	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	0.9	1.1
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}		-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}		-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Plan Irregularity, P_{L1}		-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Pre-Code		-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	0.0
Post-Benchmark		1.9	1.9	2.0	1.0	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	1.6	NA	0.5
Soil Type A or B		0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
Soil Type E (1-3 stories)		0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	-0.1
Soil Type E (> 3 stories)		-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	NA	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	NA	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	NA
Minimum Score, S_{MIN}		0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0

FINAL LEVEL 1 SCORE, $S_{L1} \geq S_{MIN}$:

EXTENT OF REVIEW
Exterior: ☐ Partial ☐ All Sides ☐ Aerial
Interior: ☐ None ☐ Visible ☐ Entered
Drawings Reviewed: ☐ Yes ☐ No
Soil Type Source: _____
Geologic Hazards Source: _____
Contact Person: _____

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?
☐ Yes, Final Level 2 Score, S_{L2} _____ ☐ No
Nonstructural hazards? ☐ Yes ☐ No

OTHER HAZARDS
Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?
☐ Pounding potential (unless S_{L1} > cut-off, if known)
☐ Falling hazards from taller adjacent building
☐ Geologic hazards or Soil Type F
☐ Significant damage/deterioration to the structural system

ACTION REQUIRED
Detailed Structural Evaluation Required?
☐ Yes, unknown FEMA building type or other building
☐ Yes, score less than cut-off
☐ Yes, other hazards present
☐ No
Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? *(check one)*
☐ Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated
☐ No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary
☐ No, no nonstructural hazards identified ☐ DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

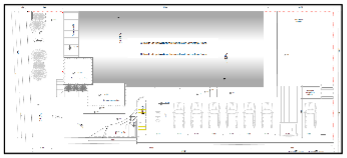
Legend: BR = Braced frame; SW = Shear wall; TU = Tilt up; LM = Light metal; RD = Rigid diaphragm

CONSEJO TÉCNICO DE
USO Y GESTIÓN DEL SUELO

Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES — **Nivel 1**

Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154 — **Moderadamente Alta sismicidad**

Distribucion Arquitectonica





DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Nombre de la estruc	Mercado central de San Pablo de Atenas	Año de construcción:	2016
Dirección:	las calles Juan Pio de Mora y Virgilio Coloma, Parroquia San Pablo de Atenas	Área construida:	679.23 m².
Sitio de referencia:	Parque central	Número de pisos:	2 pisos
Tipo de uso	Comercial		

DATOS DEL PROFESIONAL

Nombre:	Esparza Mizhquero Nayareth Milena	Fuentes Chávez Andrea Noemi	
CI:	1724002496	202630034	

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES y PUNTAJE FINAL S

Tipología del sistema estructural	**W1**	**URM**	**RM**		**MX**	**C1**	**C2**	**C3**	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	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
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	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	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-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
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de1977) o autoconstrucción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-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
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1.4	1.4	1	1.6	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
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
Tipo de suelo E	0	-0.8	-1.2	-0.8	-1.2	-1.2	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
PUNTAJE FINAL					1.8								

GRADO DE REVISIÓN

Exterior:

☐ Parcial ☐ Todos los Lados ☐ Aereo

☐ Ninguno ☐ Visible ☐

Planos revisados: ☐ Sí ☐ No

Fuente del Tipo de suelo:

Fuente del Peligro Geológico:

Personas de Contacto:

Celular:

Correo:

OTROS RIESGOS:

Hay peligro que ameriten una evaluación estructural detallada?

Golpeo Potencial (a menor que SL2>limite, si es conocido)

Riesgo de caída de edificios adyacentes más altos

Riesgo geológico o tipo de Suelo F

Daño significativo/deteriorodel sistema estructural

Cuando los datos no pueden ser verificados, el inspector deberá anotar lo sigueinte: EST=Estimado o dato no fiable O DNK= No conoce

OBSERVACIONES:

FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN

Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook. 3th edition. FEMA & NEHRP report, ATC, California
Modificado: Diciembre, 2021

Modificado por: Ing. Paúl Olmedo
Revisado por: Ing. Jacobo Moral
Aprobado por: Ing. Jacobo Moral

SHEP-MIDUVI

Anexo 7 Mercado



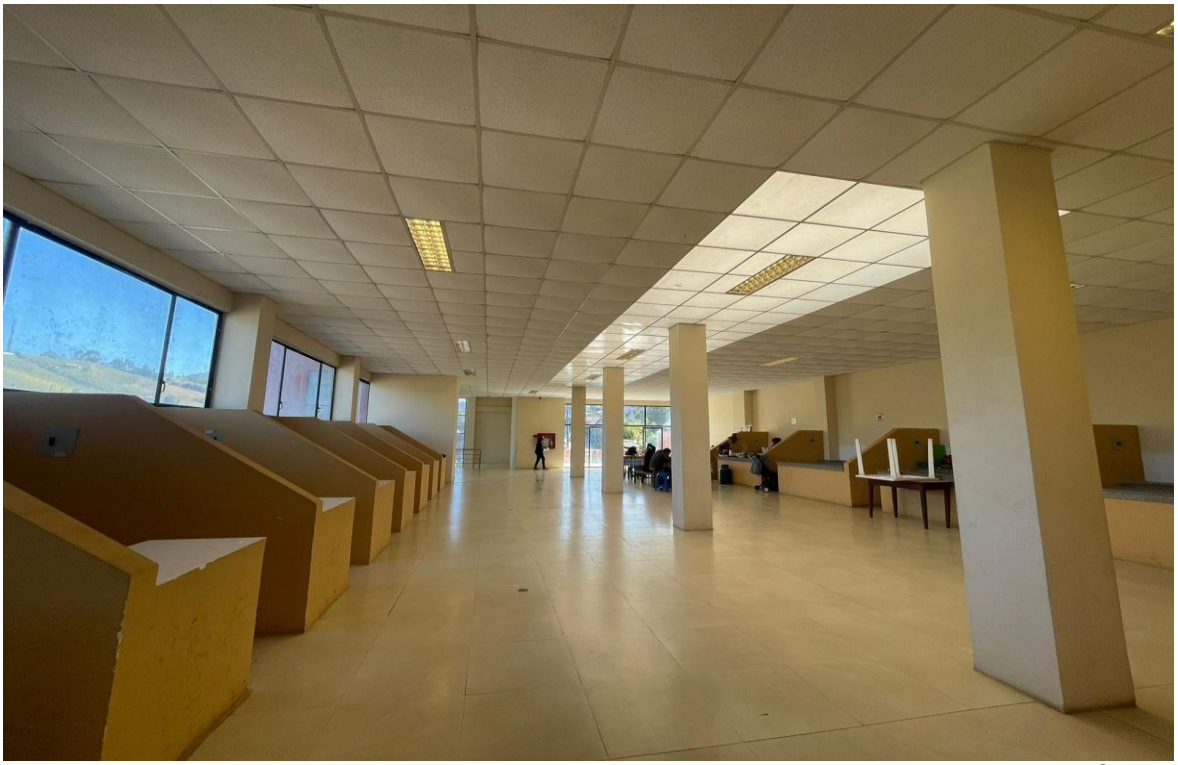
Anexo 8 Fachada posterior del Mercado San pablo



Anexo 9 Mediciones de las columnas del segundo piso del Mercado San pablo



Anexo 10 Segundo piso



Anexo 11 Mediciones del Piso de la segunda planta del Mercado San Pablo



Anexo 12 Mediciones entre columnas del primer piso



Anexo 13 Mediciones de la parte exterior del Mercado San pablo



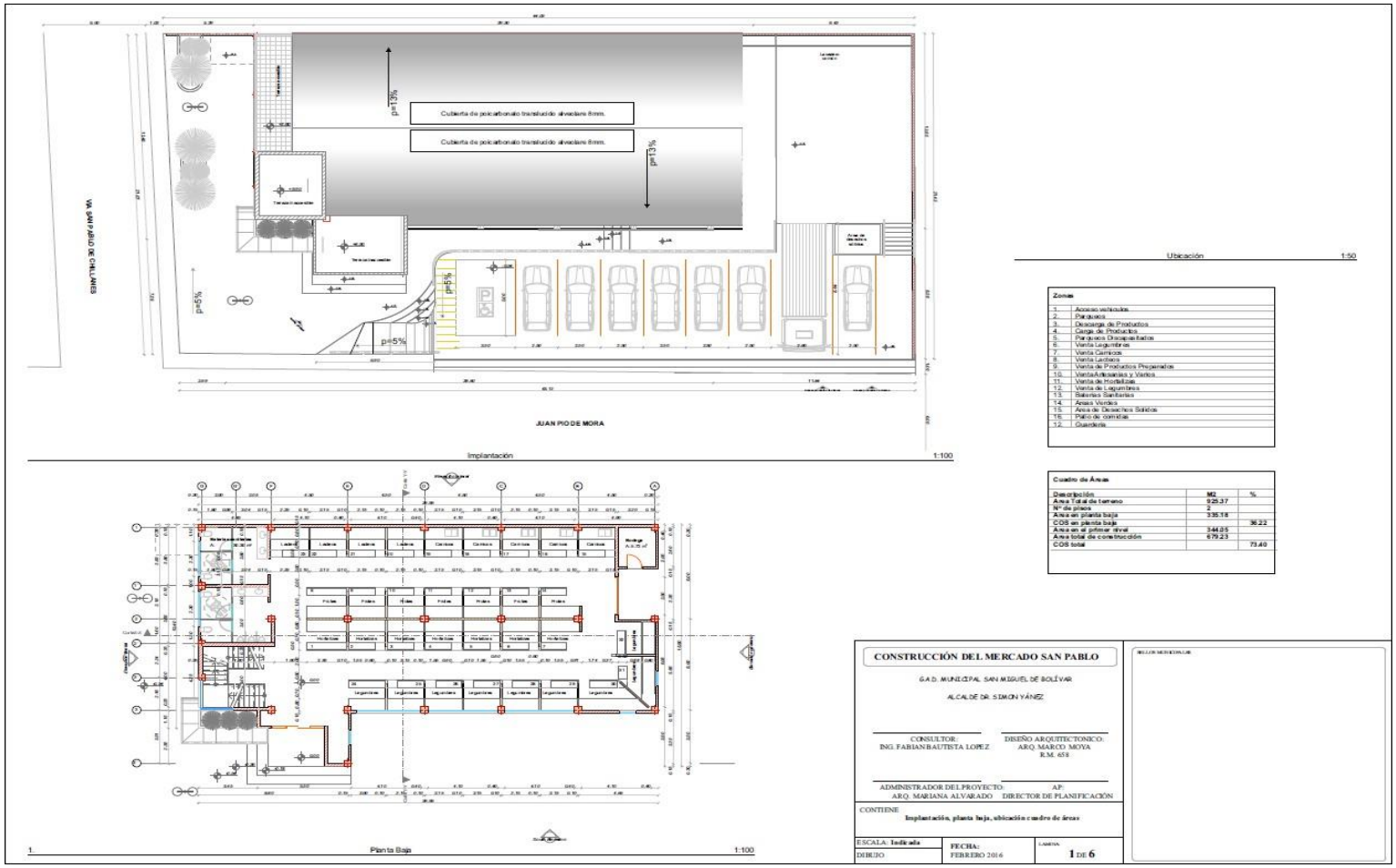
Anexo 14 Medición de la altura del zócalo perimetral en la parte exterior de la edificación.

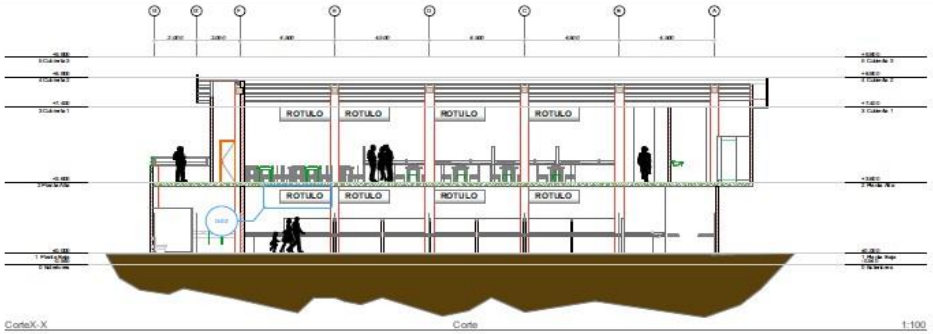


Anexo 15 Estudiantes evaluadores

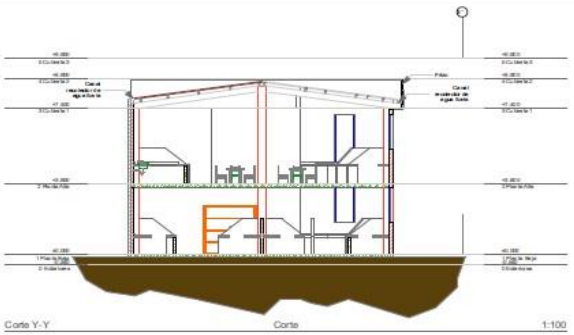


Anexo 16 Planos Arquitectónicos

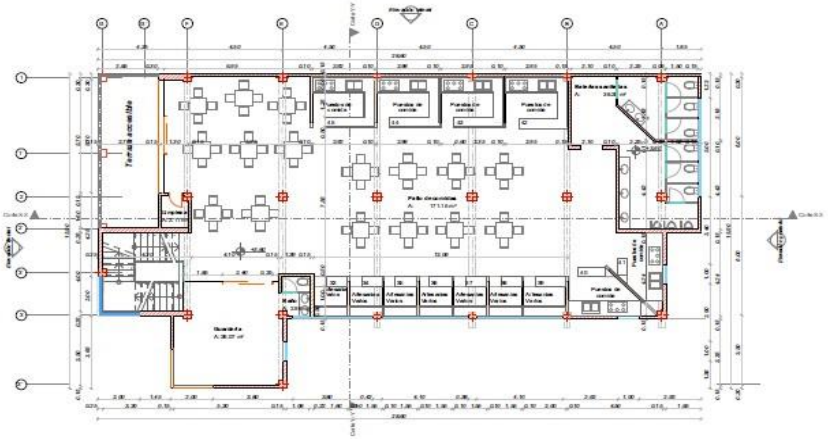




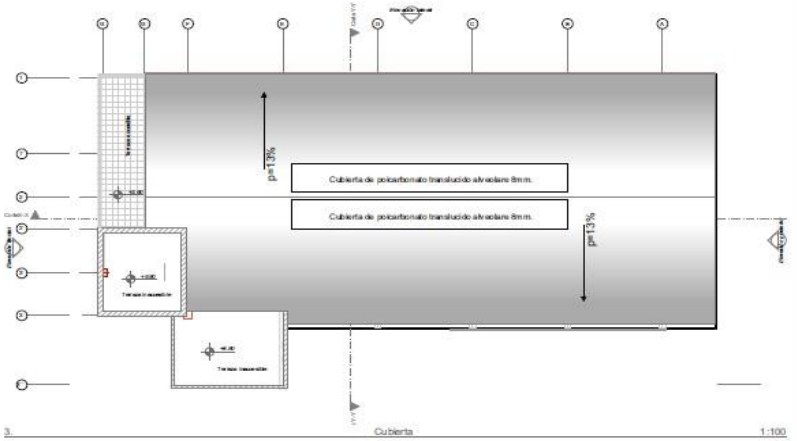
CorteX-X Corte 1:100



Corte Y-Y Corte 1:100



2. Planta Alta 1:100



3. Cubierta 1:100

CONSTRUCCIÓN DEL MERCADO SAN PABLO

G.A.D. MUNICIPAL SAN MIGUEL DE BOLÍVAR

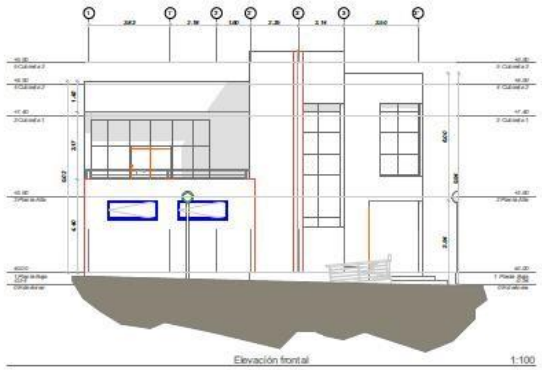
ALCALDE DR. SIMON YÁNEZ

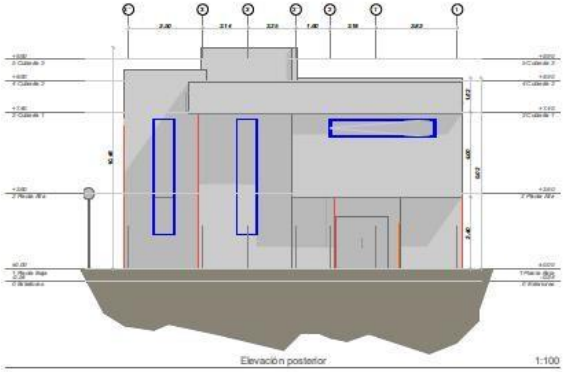
CONSULTOR:	DISEÑO ARQUITECTONICO:
ING. FABIAN BAUTISTA LOPEZ	ARQ. MARCO MOYA R.M. 658

ADMINISTRADOR DEL PROYECTO:	AP:
ARQ. MARIANA ALVARADO	DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN

CONTIENE: **Primer nivel, secciones**

ESCALA: **Indicada**	FECHA:	LAMINA
DIBUJO	FEBRERO 2016	**2** DE **6**















CONSTRUCCIÓN DEL MERCADO SAN PABLO

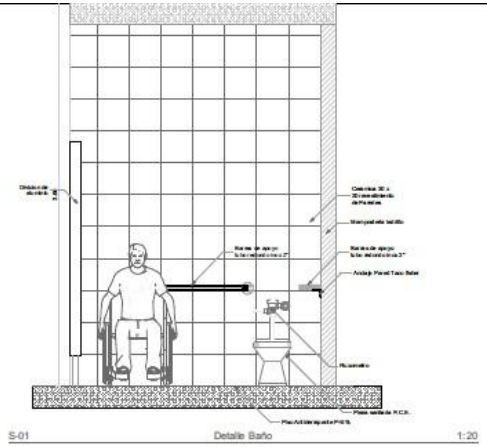
G.A.D. MUNICIPAL SAN MIGUEL DE BOLÍVAR

ALCALDE DR. SIMON YÁNEZ

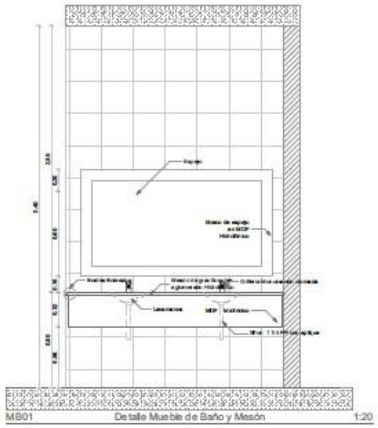
CONSULTOR:	DISEÑO ARQUITECTONICO:
ING. FABIAN BAUTISTA LOPEZ	ARQ. MARCO MOYA R.M. 658
ADMINISTRADOR DEL PROYECTO:	AP:
ARQ. MARIANA ALVARADO	DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN

CONTIENE: **Elevaciones, renders**

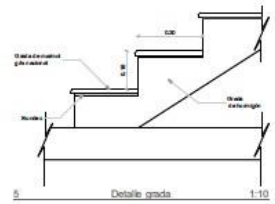
ESCALA: Indicada	FECHA:	LAMINA:
DIBUJO	FEBRERO 2016	3 DE 6



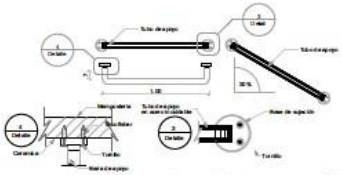
S-01 Detalle Baño 1:20



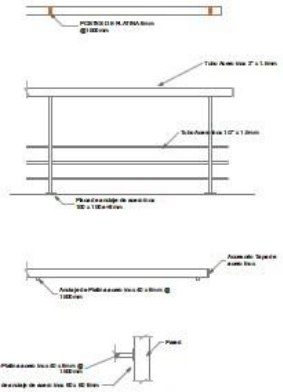
MB01 Detalle Mueble de Baño y Mesón 1:20



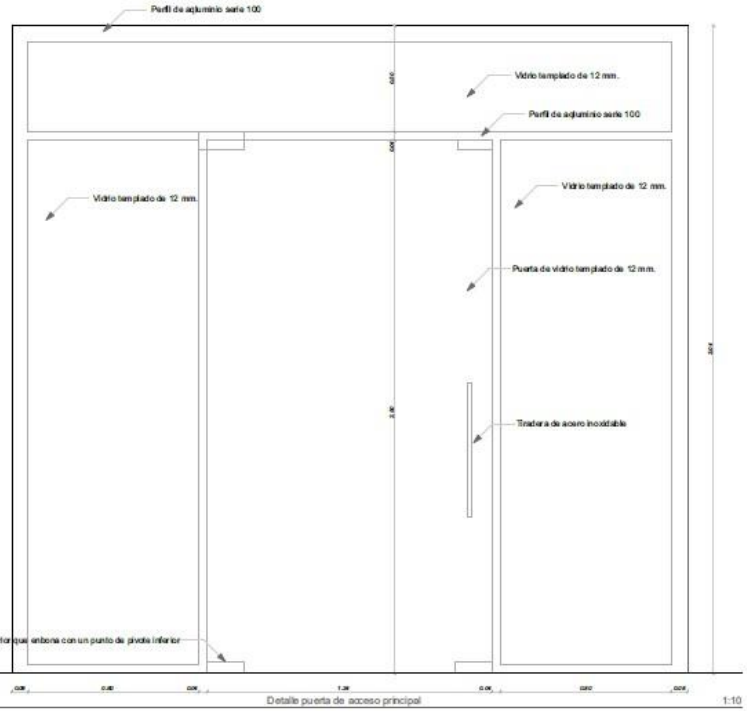
5 Detalle grada 1:10



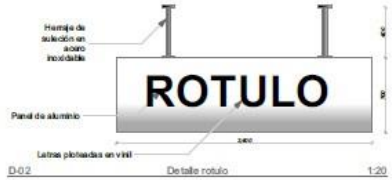
Detalle accesorio apoyo baño 1:20



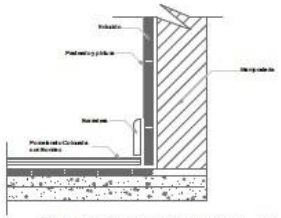
Detalle Pasamanos 1:20



D-01 Detalle puerta de acceso principal 1:10



D-02 Detalle rotulo 1:20



1 Detalle instalación porcelanato y barrederas 1:1

CONSTRUCCIÓN DEL MERCADO SAN PABLO

G.A.D. MUNICIPAL SAN MIGUEL DE BOLÍVAR

ALCALDE DR. SIMON YÁNEZ

CONSULTOR:
ING. FABIAN BAUTISTA LOPEZ

DISEÑO ARQUITECTONICO:
ARQ. MARCO MOYA
R.M. 658

ADMINISTRADOR DEL PROYECTO:
ARQ. MARIANA ALVARADO

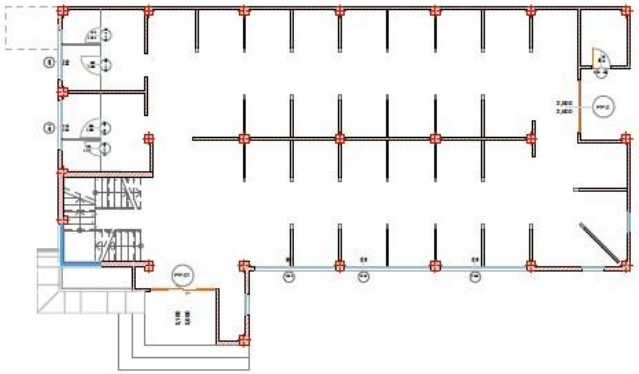
AP:
DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN

CONTIENE
Detalles

ESCALA: **Indicada**
DIBUJO

FECHA:
FEBRERO 2016

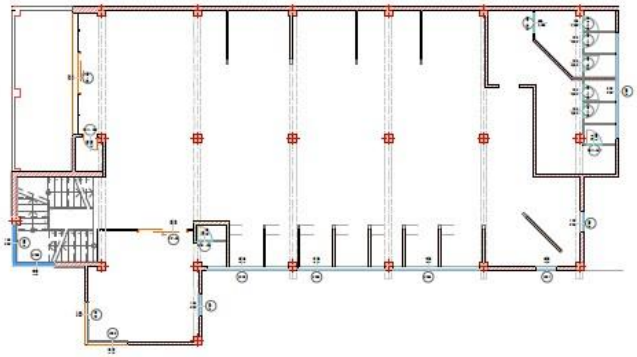
LAMINA
4 DE 6



1. Planta Baja 1:100

ID	V001	V002	V003	V004	V005	V006	V007	TOTAL
CANTIDAD	3	2	2	4	2	2	1	16
DIMENCIONES	1.00 X 5.50	2.30 X 0.90	3.80X1.80	4.10X1.80	1.80X 5.90	1.90X3.40	5X0.90	
MATERIAL	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	
VISTA FRONTAL								

Ventanas 1:100



2. Planta Alta 1:100

ID	D00-003	D00 - 002	D00 - 001	PP-01	PP-2	PP-03	
CANTIDAD	2	2	10	1	1	2	16
DIMENCIONES	0.90x2.10	0.90x2.00	0.70x2.00	3.20x3.00	2.50x2.50	2.40x2.40	
MATERIAL	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	VIDRIO Y ALUMINIO	
VISTA FRONTAL							

Puertas 1:100

CONSTRUCCIÓN DEL MERCADO SAN PABLO

G.A.D. MUNICIPAL SAN MIGUEL DE BOLÍVAR

ALCALDE DR. SIMON YÁNEZ

CONSULTOR: ING. FABIAN BAUTISTA LOPEZ

DISEÑO ARQUITECTONICO: ARQ. MARCO MOYA R.M. 458

ADMINISTRADOR DEL PROYECTO: ARQ. MARIANA ALVARADO

AP: DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN

CONTIENE: **Puntos de carpintería**

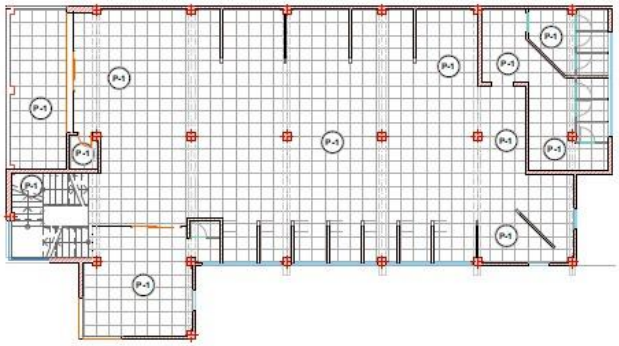
ESCALA: **Indicada**

DIBUJO

FECHA: FEBRERO 2016

LAMINA: **5** DE **6**

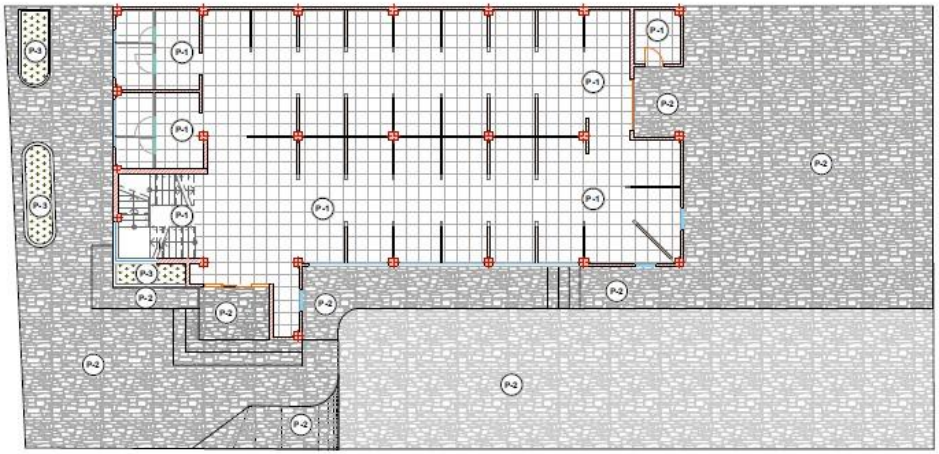
SELLOS MUNICIPALES



2 Planta Alta 1:100

Pisos		
Simbolo	Descripcion	Material
P-1	Porcelanato semiatado	Porcelanato gris 0.40x0.40
P-2	Valdosa de piedra 0.30x0.30	Valdosa de piedra 0.30x0.30
P-3	Cesped	Cesped

Cuadro de acabados de piso 1:100



1 Planta Baja 1:100

CONSTRUCCIÓN DEL MERCADO SAN PABLO

G.A.D. MUNICIPAL SAN MIGUEL DE BOLÍVAR

ALCALDE DR. SIMON YÁNEZ

CONSULTOR: ING. FABIAN BAUTISTA LOPEZ

DISEÑO ARQUITECTONICO: ARQ. MARCO MOYA R.M. 658

ADMINISTRADOR DEL PROYECTO: ARQ. MARIANA ALVARADO

AP: DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN

CONTIENE: **Planta de pisos**

ESCALA: **Indicada**

DIBUJO

FECHA: FEBRERO 2016

LAMINA: **6** DE **6**