



**Evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Manta
en Manabí**

Cacuango Casco, Diana Maribel; Guilcaso Tipán, Brayan Steven y
Sailema Hurtado, Wilson Paúl

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

PhD. Toulkeridis, Theofilos

10 de septiembre de 2021



Document Information

Analyzed document	Cacuango_Guilcaso_Sailema.pdf (D112146558)
Submitted	9/6/2021 10:45:00 PM
Submitted by	
Submitter email	biblioteca@espe.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	ilbbioteca.GDC@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Proyecto Titulacion-Tsunamis Bahía-03 Abr 2021.docx Document Proyecto Titulacion-Tsunamis Bahía-03 Abr 2021.docx (D100624255)
-----------	---

 13



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **“Evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Manta en Manabí”** fue realizado por los señores **Cacuango Casco, Diana Maribel; Guilcaso Tipán, Brayan Steven y Sailema Hurtado, Wilson Paúl**; el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de septiembre del 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**THEOFILOS
TOULKERIDI**

PhD. Toulkeridis, Theofilos

C.C: 1717885618



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Cacuango Casco, Diana Maribel; Guilcaso Tipán, Brayan Steven y Sailema Hurtado, Wilson Paúl;** con cédulas de ciudadanía 1003913959, 0502888290, 0502573280, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Manta en Manabí** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 10 de septiembre del 2021

Cacuango Casco Diana Maribel

C.C.: 1003913959

Guilcaso Tipán Brayan Steven

C.C.: 0502888290

Sailema Hurtado Wilson Paúl

C.C.: 0502573280



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización De Publicación

Nosotros, **Cacuango Casco, Diana Maribel; Guilcaso Tipán, Brayan Steven y Sailema Hurtado, Wilson Paúl**; con cédulas de ciudadanía 1003913959, 0502888290, 0502573280, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Manta en Manabí** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 10 de septiembre del 2021

Cacuango Casco Diana Maribel

C.C.:1003913959

Guilcaso Tipán Brayan Steven

C.C.: 0502888290

Sailema Hurtado Wilson Paúl

C.C.: 0502573280

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mis padres Francisco y María, que quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un meta más, gracias por darme su ejemplo de trabajo y honradez.

A mis hermanos Alicia, Diego y Verónica por su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida, por sus consejos y palabras de aliento.

A mi sobrino Alexander, por ser esa persona que le da alegría a nuestras vidas.

A mi familia y en especial a mis primos por confiar siempre en mí, quienes supieron estar ahí cuando necesitaba una palabra de aliento.

Diana

Dedico este trabajo principalmente a Dios por bendecir mi vida y haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Marcelo y Mariana, los cuales han sido un apoyo incondicional y me han guiado en cada etapa de mi vida, nunca dudaron al momento de apoyarme a conseguir mi objetivo. Son un claro ejemplo de perseverancia, superación y mi motor e inspiración para seguir adelante.

A mis hermanas Sandra, Jessica y Solange, quienes me han brindado los momentos más felices juntos, y me han dado la motivación necesaria para superarme en el desarrollo académico y personal.

A mi sobrina Keyla que desde que llegó a nuestras vidas trajo felicidad y motivación para siempre salir adelante.

A Luis que más que mi cuñado se ha convertido en un hermano. A mi tía y primos, quienes supieron brindarme su amor, cariño y palabras de aliento para que siga el camino hacia mis metas, son y siempre serán un apoyo fundamental en mi vida.

Brayan

Dedico a mi madre, Sara Hurtado, porque con su amor incondicional me ayudo a levantarme cada vez que tropecé, y que a pesar de todas las dificultades que se presentaron ella nunca dudo de mí.

A mi padre, Rubén Sailema, por ayudarme a cumplir este logro brindándome todo su apoyo.

A mi hermano, Estalyn Sailema, porque cuando más lo necesite él estuvo ahí.

A mi hermana, Jhoselin Sailema, porque con su alegría ella supo brindarme fuerzas para seguir en mi camino y lograr la meta.

A mi tía, Blanca Hurtado, quien como una madre ha sabido confiar en mí y apoyarme incondicionalmente.

A mis abuelitos, Luis Hurtado y María Hidalgo, junto al resto de mi familia materna que son muchos, pero saben que llevan un lugar especial dentro de mí, quienes me apoyaron a pesar de la caída que tuve, porque gracias a su apoyo he logrado cumplir mis metas.

Wilson

Agradecimiento

A mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado y me ayudaron a cumplir una meta más.

Quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a nuestro tutor Ph.D Theofilos Toulkeridis docente de la carrera de Ingeniería Civil, por su paciencia y ayuda constante en el desarrollo del proyecto.

Finalmente, a mi gloriosa universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por brindarme una de las mejores etapas de mi vida.

Diana

En primer lugar, agradezco a Dios, por el regalo de la vida y la salud en estos años de estudio y por iluminarme y bendecirme en los momentos difíciles de este camino.

A mi tutor Ph.D Theofilos Toulkeridis por darme la oportunidad de ser parte de esta gran investigación, por la paciencia, el tiempo dedicado y ser quien siempre estuvo pendiente de nuestro progreso hasta alcanzar nuestro objetivo común. Ha sido una guía en el ámbito profesional y personal.

Además, quiero agradecer a todos los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE quienes me han brindado y compartido todos sus conocimientos y experiencias para mi desarrollo profesional.

Brayan

Quiero Agradecer en primer lugar a Dios por brindarme la fuerza para luchar día con día para llegar a cumplir mis objetivos, por iluminar mi camino y por poner a las personas indicadas en mi vida las cuales me han guiado y me han dejado enseñanzas en este largo camino.

Agradezco a mis padres por apoyarme en mi trayecto, por las oportunidades que me brindaron, por nunca abandonarme, por enseñarme a levantarme y seguir adelante;

especialmente a mi madre, Sara Hurtado, porque a pesar de todas las dificultades que se presentaron ella siempre creyó en mí.

A mis hermanos Estalyn y Jhoselin que me han motivado a seguir adelante y a ser alguien mejor.

A mi tía Blanca Hurtado que con su ejemplo y sabiduría nunca permitió que me rindiera en este camino y que a pesar de la caída que tuve siempre tuvo las palabras para volver a motivarme.

A mi tutor PhD. Theofilos Toulkeridis, por permitirme ser parte de este trabajo y por brindarnos el apoyo necesario.

Wilson

Tabla de Contenido

Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización De Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Tabla de Contenido.....	10
Índice de tablas.....	14
Índice de figuras.....	17
Resumen.....	22
Abstract.....	23
Capítulo I	24
Contenidos Generales	24
Antecedentes	24
Justificación e importancia.....	25
Objetivos	26
Objetivo general	26
Objetivos específicos	26
Capítulo II	27
Fundamentos teóricos	27
Descripción del área	27
Aspectos geográficos.....	28

Condiciones climáticas	29
Condiciones oceanográficas.....	30
Edificaciones	30
Tipo de suelo.....	32
Historia de tsunamis y sismos	33
Metodología	42
Criterios utilizados para la evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis de posibles refugios provisionales.....	42
Metodología italiana modificada para calcular índice de vulnerabilidad	42
Organización del sistema resistente.	44
Calidad del sistema resistente.....	45
Resistencia convencional.	46
Evaluación de la relación H/T.	47
Evaluación de la Deriva de Piso.	48
Posición de edificio y cimentación.....	48
Losas.....	49
Configuración en planta	50
Configuración en elevación.	53
Conexión de elementos críticos.	55
Elementos de baja ductilidad.....	57
Elementos no estructurales.	59
Estado de conservación.	60
Estructura ha sido reforzada luego de un sismo.....	61
Criterios de vulnerabilidad frente a tsunami en base a la FEMA.....	63
Orientación al edificio.....	64

Acceso.....	65
Ubicación del edificio.....	67
Sistema estructural.....	69
Sistema de cimentación.....	70
Año de construcción.....	71
Altura de edificio.....	72
Sistema de suelo.....	73
Capítulo III.....	76
Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Manta.....	76
Cálculos numéricos de los impactos del tsunami en Manta y alrededores .	76
Evaluación de edificios.....	80
Edificio Corporación Nacional de Electricidad CNEL.....	81
Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM).....	88
Edificio Sin Nombre 1.....	91
Edificio Sin Nombre 2.....	96
Edificio Banco Pichincha.....	101
Banco del Bank.....	104
Edificio El Vigía.....	107
Museo Centro Cultural Manta.....	113
Balandra Hotel.....	117
Hotel el Navegante.....	122
Edificio el Dorado II.....	127
Edificio Ibiza.....	133
Edificio las Olas.....	137

Edificio Oasis Manta (Abandonado)	142
Edificio Buzios.....	148
Edificio Manta Host.....	153
Hotel Poseidón.....	158
Evaluación de vulnerabilidad sísmica y tsunami de edificios existentes ...	163
Capítulo IV	169
Propuesta de adaptaciones que permitan a la población una evacuación vertical ante tsunamis en las edificaciones evaluadas y aptas de Manta	169
Diseño de la escalera de evacuación vertical.....	171
Capítulo V	212
Guía metodológica para la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre peligro ante tsunamis y diseño de estructuras para evacuación vertical tomando como base la guía estadounidense FEMA P-646 de agosto 2019	212
Vialidad del diseño resistente a tsunami	212
Implicación para el diseño resistente a tsunamis presentados para la NEC	214
Recomendaciones adicionales para refugios de evacuación vertical.....	223
Consideraciones de ubicación, espacio y tamaño.....	225
Capítulo VI	235
Conclusiones.....	235
Recomendaciones	236
Referencias.....	238

Índice de tablas

Tabla 1 Número de infraestructuras que se encuentran expuestas	38
Tabla 2 Población expuesta ante una inundación	39
Tabla 3 Parámetros a evaluar del índice de vulnerabilidad	43
Tabla 4 Orientación del edificio.....	65
Tabla 5 Entradas	66
Tabla 6 Escaleras.....	67
Tabla 7 Puntos peligrosos	68
Tabla 8 Calles y avenidas	69
Tabla 9 Sistema estructural.....	70
Tabla 10 Sistemas de cimentación	71
Tabla 11 Año de construcción.....	72
Tabla 12 Altura de edificio.....	73
Tabla 13 Sistema de suelo.....	74
Tabla 14 Calificación vulnerabilidad sísmica edificio Corporación Nacional de Electricidad CNEL.....	82
Tabla 15 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Corporación Nacional de Electricidad CNEL.....	83
Tabla 16 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM).....	89
Tabla 17 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM).....	89
Tabla 18 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Sin Nombre 1.....	92
Tabla 19 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Sin Nombre 1	92
Tabla 20 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Sin Nombre 2.....	97

Tabla 21 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Sin Nombre 2	98
Tabla 22 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Banco Pichincha.....	102
Tabla 23 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Banco Pichincha.....	102
Tabla 24 Calificación vulnerabilidad sísmica Banco del Bank	105
Tabla 25 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Banco del Bank	106
Tabla 26 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio El Vigía.....	108
Tabla 27 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio El Vigía	109
Tabla 28 Resultados calificación vulnerabilidad sísmica Museo Centro Cultural Manta	114
Tabla 29 Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami Museo Centro Cultural Manta	114
Tabla 30 Calificación vulnerabilidad sísmica Balandra Hotel.....	118
Tabla 31 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Balandra Hotel	119
Tabla 32 Calificación vulnerabilidad sísmica Hotel el Navegante.....	123
Tabla 33 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Hotel el Navegante	124
Tabla 34 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio el Dorado II	127
Tabla 35 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio el Dorado II.....	128
Tabla 36 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Ibiza	134
Tabla 37 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Ibiza	134
Tabla 38 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio las Olas	138
Tabla 39 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio las Olas	139
Tabla 40 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Oasis Manta.....	143
Tabla 41 Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Oasis Manta ...	144
Tabla 42 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Buzios	149
Tabla 43 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Buzios.....	150

Tabla 44 Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Manta Host	154
Tabla 45 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Manta Host.....	155
Tabla 46 Calificación vulnerabilidad sísmica Hotel Poseidón	159
Tabla 47 Calificación vulnerabilidad ante tsunami Hotel Poseidón.....	159
Tabla 48 Resumen del índice de vulnerabilidad sísmica y tsunami de los edificios evaluados	165
Tabla 49 Dimensiones adoptadas de la escalera.....	177
Tabla 50 Valores de cargas establecidos por la NEC-15.....	183
Tabla 51 Presupuesto Referencial.....	211
Tabla 52 Resumen de los efectos de la fuerza del tsunami.....	232

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación de Manta	27
Figura 2 Puerto marítimo de Manta	28
Figura 3 Orografía e hidrografía del cantón Manta (Cartografía base: SNGR e INEC)	29
Figura 4 Ciudad de Manta	31
Figura 5 Mapa de pendientes y geología - Manta.....	32
Figura 6 Zona turística de la ciudad de Manta	38
Figura 7 Mapa de vulnerabilidad estructural por inundación de Tsunami	39
Figura 8 Mapa de vulnerabilidad poblacional por inundación de Tsunami.....	40
Figura 9 Base de datos de tsunamis de campo lejano y cercano ocurridos en Ecuador desde 1586 a 2012	41
Figura 10 Vista en planta de estructuras.....	52
Figura 11 Estructura con Pointer en la parte Central	53
Figura 12 Estructura irregular en elevación en el último piso o últimos pisos.....	54
Figura 13 Viga que sobresale de la losa y viga mal construida.....	56
Figura 14 Vista en planta de vigas que llegan a una columna, no están alineadas	56
Figura 15 Estructuras con elementos cortos	58
Figura 16 Escenario de la ciudad de Manta ante una magnitud 7.5	78
Figura 17 Escenario de la ciudad de Manta ante una magnitud 8	79
Figura 18 Escenario de la ciudad de Manta ante una magnitud 8.5	79
Figura 19 Escenario de la ciudad de Manta ante una magnitud 8.8	80
Figura 20 Mapa de Ubicación de los edificios evaluados	81
Figura 21 Edificio Corporación Nacional de Electricidad CNEL	82
Figura 22 Columna corta	84
Figura 23 Entrada al edificio CNEL	85

Figura 24 Fisuras en la pared	85
Figura 25 Entrada al edificio	86
Figura 26 Escalera interior	87
Figura 27 Edificio Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM)	88
Figura 28 Edificio Sin Nombre 1	91
Figura 29 Zona de hormigqueo y desprendimiento de la mampostería en las columnas	94
Figura 30 Pérgola en la entrada al edificio	94
Figura 31 Fachada exterior presenta elementos no estructurales sin asegurar	95
Figura 32 Fachada exterior sin mantenimiento	96
Figura 33 Edificio Sin Nombre 2.....	97
Figura 34 Mampostería y columnas colapsadas.....	99
Figura 35 Zonas de hormiguero y humedad	99
Figura 36 Fallo de la columna	100
Figura 37 Edificio Banco Pichincha.....	101
Figura 38 Entrada al Edificio Banco Pichincha	104
Figura 39 Banco del Bank.....	105
Figura 40 Edificio El Vigía.....	108
Figura 41 Daños en mampostería	110
Figura 42 Columna corta	111
Figura 43 Mal estado del edificio	111
Figura 44 Escalera interior	112
Figura 45 Museo Centro Cultural Manta	113
Figura 46 Viga y columna corta.....	116
Figura 47 Entrada al museo Centro Cultural Manta.....	117

Figura 48 Balandra Hotel	118
Figura 49 Nudos internos.....	120
Figura 50 Escalera interior.....	122
Figura 51 Hotel el Navegante	123
Figura 52 Protuberancias en la planta.....	125
Figura 53 Entrada al edificio	126
Figura 54 Edificio el Dorado II	127
Figura 55 Nudo interior le llegan 4 vigas	130
Figura 56 Ventiladores en la fachada exterior.....	130
Figura 57 Presencia de humedad y fisuras en las paredes	131
Figura 58 Entrada al edificio el Dorado II	132
Figura 59 Escaleras internas	132
Figura 60 Edificio Ibiza.....	133
Figura 61 Interior del edificio Ibiza.....	136
Figura 62 Entrada al edificio	137
Figura 63 Edificio las Olas	138
Figura 64 Vigas no centradas en la columna	140
Figura 65 Nudos de las columnas	140
Figura 66 Mancha de humedad en el techo	141
Figura 67 Escaleras internas	142
Figura 68 Edificio Oasis Manta.....	143
Figura 69 Porosidad en la estructura	145
Figura 70 Acero oxidado.....	145
Figura 71 Vigas no centradas en la columna	146
Figura 72 Daño en los descansos de las escaleras.....	147

Figura 73 Edificio Buzios	149
Figura 74 Viga no centrada en la columna.....	151
Figura 75 Entrada al edificio Buzios	153
Figura 76 Edificio Manta Host.....	154
Figura 77 Manchas de humedad	156
Figura 78 Entrada al Edificio Manta Host.....	157
Figura 79 Escaleras interiores	157
Figura 80 Hotel Poseidón	158
Figura 81 Zona de hormiguero	160
Figura 82 Unión de vigas	161
Figura 83 Manchas de humedad	162
Figura 84 Entrada al hotel.....	162
Figura 85 Mapa de las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad sísmica	166
Figura 86 Mapa de las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad frente tsunamis	167
Figura 87 Edificio Kesenuma, Japón.....	170
Figura 88 Modelo matemático de pasamanos	184
Figura 89 Modelo matemático peldaño	187
Figura 90 Reacciones y momentos en escaleras	190
Figura 91 Modelo matemático viga soporte	192
Figura 92 Dimensiones de perfiles	195
Figura 93 Geometría General del Pórtico.....	196
Figura 94 Espectro de Diseño	197
Figura 95 Desplazamiento, deriva por piso y Corte por piso	198
Figura 96 Modelamiento de la escalera	199

Figura 97	Rubro pintura laca automotriz en pasamanos	200
Figura 98	Rubro pasamanos de metal (tubos de acero inoxidable)	201
Figura 99	Rubro hormigón en gradas (premezclado)	202
Figura 100	Rubro losa (malla +conectores de corte).....	203
Figura 101	Rubro deck metálico 0.65 mm.....	204
Figura 102	Rubro acero estructural	205
Figura 103	Rubro cielo raso de gypsum para humedad (inc. Estucado y pintura)	206
Figura 104	Presupuesto masillado y escobillado en descansos	207
Figura 105	Rubro masillado y escobillado de peldaños	208
Figura 106	Presupuesto picado y resane general	209
Figura 107	Rubro limpieza de obra	210
Figura 108	Destrucción causada por el impacto de los escombros transportados por el agua del tsunami de Okushiri de 1993	215
Figura 109	Casas de playa con diferentes niveles de daño	216
Figura 110	Casa de playa de mampostería dañada	217
Figura 111	Ejemplo de mezquita de hormigón armado	218
Figura 112	Escena de devastación casi total en Minamisanriku, Japón	219
Figura 113	Edificio de hormigón armado fundado sobre pilotes	220
Figura 114	Colapso progresivo de los pisos superiores de un estacionamiento	221
Figura 115	Diseño de muestra de estructuras de evacuación verticales	227
Figura 116	En 3.34 metros cuadrados se encuentran 40 personas.....	230

Resumen

Ecuador es un país de alto riesgo sísmico ya que se encuentra dentro del cinturón de fuego del pacífico, es por esto que la costa ecuatoriana tiene una alta amenaza sísmica y eminente peligro ante la generación de tsunamis, debido a su cercanía a la zona de subducción entre la placa Oceánica de Nazca y las continentales Sudamérica y Caribe. Es por esto que se presenta el caso de estudio en la ciudad de Manta, donde se consideran que la altura máxima de la ola puede llegar hasta los 25 metros, lo que hace necesario evaluar los edificios existentes en esta ciudad con la finalidad de tener refugios verticales, realizando una preselección de 18 edificios teniendo en cuenta su altura y al nivel del suelo en que se encuentran, utilizando la metodología italiana modificada para conocer el índice de vulnerabilidad sísmica (IVS) y la metodología FEMA 2019 para el índice de vulnerabilidad ante tsunamis (IVT) , dando como resultado dos edificios los cuales se catalogarán como estructura segura ya que obtuvieron valores inferiores a 30 en la evaluación del IVS y IVT, el mayor problema que se presentó en los edificios evaluados fue su accesibilidad y dimensiones insuficientes en escaleras, para lo cual se realizó una propuesta de escalera exterior, lo que permite que la población evacuada llegue a lugares altos en un tiempo óptimo para poder resguardar su integridad al momento de un evento catastrófico, se profundizó la guía metodológica para la Norma Ecuatoriana de la Construcción la cual permite evaluar los criterios constructivos que se deben tomar en cuenta para futuras construcciones en la costa Ecuatoriana.

-Palabras clave:

- **MANTA**
- **SISMOS**
- **TSUNAMIS**
- **EVACUACIÓN VERTICAL**

Abstract

Ecuador is a country with high seismic risk, since it is located in the Pacific Ring of Fire. Therefore, the Ecuadorian coast suffers of a very high seismic hazard and impending danger to the impact of potential tsunamis. This results due to its vicinity to the subduction zone between the Oceanic Nazca plate and the South American and Caribe continental plates. The current research has been performed in the city of Manta. There, with a certain scenario the maximum wave height is considered to reach up to 25 meters, which obligates an evaluation of the existent buildings towards a consideration as temporal vertical refuge sites, by performing a presetting of 18 buildings considering their height with respect to the ground level where they are settled. This has been reached also by applying the modified Italian methodology in order to obtain the Seismic Vulnerability Index (SVI) and the application of the FEMA methodology 2019 in order to obtain the Tsunami Vulnerability Index (TVI). As a result, two buildings were cataloged as safe infrastructures, since they obtained values lower than 30 in the SVI and TVI evaluation. The biggest issue which occurred in the evaluated buildings was the accessibility and insufficient dimensions in stairs, so an external stair proposal was made. This action allows the evacuated population to arrive to elevated places in optimum time in order to safeguard their health and lives during a potential catastrophic event. Additionally, we analyzed the methodological guide of the Ecuadorian Construction Standard, which allowed to evaluate constructional criteria which need to be considered in the Ecuadorian Coast.

Keywords:

- **MANTA**
- **EARTHQUAKES**
- **TSUNAMIS**
- **VERTICAL EVACUATION**

Capítulo I

Contenidos Generales

Antecedentes

El litoral de Ecuador se encuentra a unos 50 km de la zona de convergencia de las placas sudamericana y Nazca, considerándose, así como la fuente sismogénica más activa e importante del país y forma parte de uno de los segmentos de la zona de subducción sudamericana. (Contreras, 2014, p. 1)

Gran parte de los tsunamis del mundo han tenido lugar en el Océano Pacífico. Por tal motivo la línea de la costa ecuatoriana se considera una zona de riesgo ante este tipo de eventos.

“Desde 1906 a la fecha se han registrado seis tsunamis de origen cercano en el Ecuador, en su mayoría no destructivos, con excepción del evento de 1906 que devastó el Norte de la provincia de Esmeraldas” (Cruz de Howitt, Acosta, & Vásquez, 2005 como se citó en Contreras, 2014).

Los hechos destructivos pasados y recientes dentro de la costa ecuatoriana demostraron el alto nivel de vulnerabilidad de las estructuras, así como la falta de preparación de las autoridades correspondientes y la ciudadanía frente a eventos naturales catastróficos.

En las últimas décadas, la construcción de edificaciones en áreas de alto grado de vulnerabilidad y zonas de impacto de tsunamis ha ido incrementando, sin considerar procesos naturales recurrentes que pueden convertirse en desastres para la población presente.

La ciudad de Manta cuenta con una alta población, al ser uno de los lugares más turísticos del país y gozar de un puerto marítimo que la ubica como una de las ciudades más visitadas del Ecuador. Sin embargo, es un área de alto riesgo ante un eventual

tsunami, que podría provocar el colapso de las edificaciones existentes y poner en peligro la integridad de los habitantes.

Una de las principales causas del daño en las edificaciones, provocadas por la presencia de fenómenos naturales, se presenta por el indebido comportamiento de las estructuras, por lo que es necesario realizar un análisis del grado de vulnerabilidad estructural.

En caso de existir un posible tsunami, no se cuenta con áreas naturales elevadas cercanas, por esta razón los ciudadanos al momento de realizar una evacuación vertical utilizarían las edificaciones cercanas al área de peligro, como un refugio provisional.

Justificación e importancia

Ecuador es un país de alto riesgo sísmico y debido a los acontecimientos que se han presentado en los últimos años es inevitable pensar que en un futuro exista un evento tipo tsunami en las zonas costeras como es el caso de la Ciudad de Manta, por ello, es importante realizar un estudio de evaluación de edificaciones existentes frente a una multi amenaza concurrente (sismo y tsunami) y realizar las respectivas adaptaciones que permitan una evacuación vertical de la población.

Al evaluar la capacidad de las edificaciones ante fuerzas sísmicas y el potencial que los mismo tengan para soportar un tsunami, se identificará cuáles de ellos categorizan como estructuras seguras, muy vulnerables y cuales necesitan de estudios más profundos. Las estructuras que se categoricen como seguras servirán como refugios durante una evacuación, en tanto que para las edificaciones fuera de este rango se brindara alternativas para que mejoren su capacidad y logren categorizarse como estructuras seguras.

La importancia de este trabajo consiste en identificar y de ser necesario adaptar el mayor número de edificaciones que sirvan como refugios para las personas que se

encuentren en la zona al momento que ocurra una multi amenaza concurrente (sismo y tsunami).

Objetivos

Objetivo general

Evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis y la idoneidad para una evacuación vertical de edificaciones existentes en Manta Manabí, en base de una guía ya recién elaborada (NEC-FEMA) sobre peligro ante tsunamis.

Objetivos específicos

- Evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Manta en Manabí.
- Proponer adaptaciones que permitan a la población una evacuación vertical ante tsunami en las edificaciones evaluadas y aptas de Manta.
- Profundizar más detalles del guía metodológico elaborado para la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre peligro ante tsunamis y diseño de estructuras para evacuación vertical.

Capítulo II

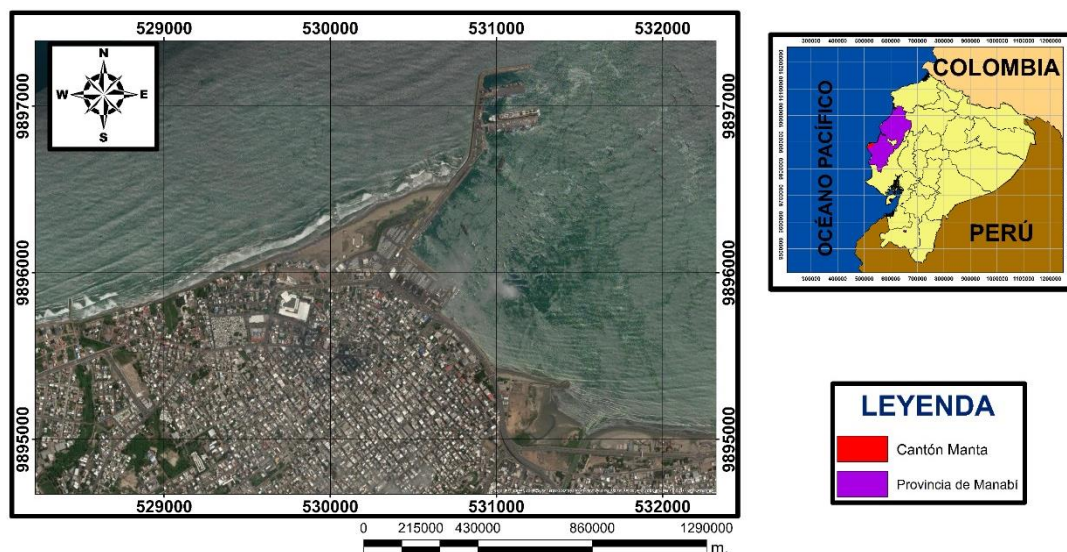
Fundamentos teóricos

Descripción del área

El cantón Manta se encuentra en la costa ecuatoriana, región del pacífico en la provincia de Manabí, entre las coordenadas geográficas 00°57' de latitud sur y 80°42' de longitud oeste. El área central de la ciudad tiene una altitud media de 6 m.s.n.m. Limita al norte, sur y al oeste con el océano Pacífico, al sur con el cantón Montecristi, y al este con los cantones Montecristi y Jaramijó. (Barcia Ruíz, 2015, p. 18)

Figura 1

Mapa de ubicación de Manta



Según el último censo del año 2010 su población es de 226.477 habitantes, con una edad promedio de 28 años, está conformado por 115.074 mujeres y 111.403 hombres. Manta cuenta con 3 parroquias, representando el 1.5 % del territorio de Manabí. (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010)

Figura 2

Puerto marítimo de Manta



Nota. Costa de Manta recuperado de: Jorge Barco

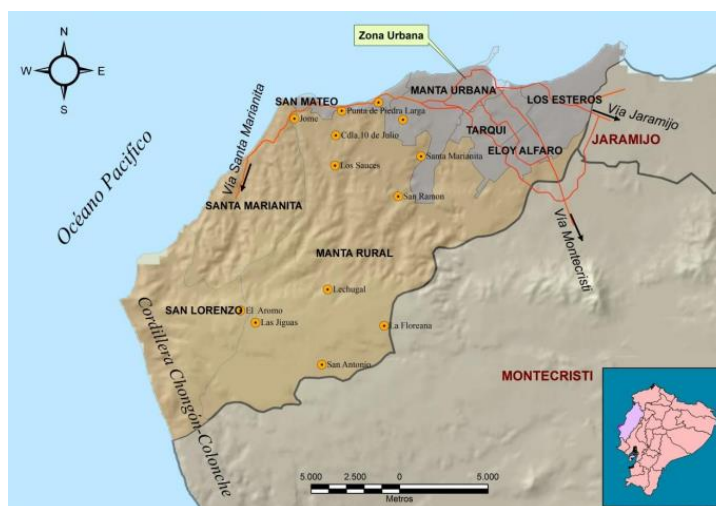
Aspectos geográficos

Dentro del perímetro urbano del cantón Manta se tiene una topografía irregular con algunas colinas y depresiones formadas por los ríos que atraviesan la ciudad (Figura 3), posee colinas y montañas de baja altitud con elevaciones de hasta 360 m.s.n.m. Las caracterizaciones montañosas que presenta provienen de las ramificaciones de la cordillera de Chongón-Colonche próximas a la parroquia rural de San Lorenzo. En la zona urbana, las elevaciones van de desde 0 m.s.n.m. en el norte o cerca a la playa, hasta 83 m.s.n.m en los alrededores; la parte baja del cantón está conformada por los barrios (Los Esteros y Tarqui) que tienen una altura entre los 6 y 40 m.s.n.m.

Cuenta con tres cuencas hidrográficas pertenecientes a los ríos Manta, San Mateo y Cañas; de sus ocho ríos, el río Manta y el río Muerto son los más influyentes en el perímetro urbano, porque atraviesan vías urbanas de gran importancia para la circulación vial del cantón. (Barcia Ruíz, 2015, pp. 18-19)

Figura 3

Orografía e hidrografía del cantón Manta (Cartografía base: SNGR e INEC)



Nota. Adaptado de *Orografía e hidrografía del cantón Manta*, SNGR e INEC, 2013.

Recuperado de: (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable CADS-ESPOL, 2013)

“Manta es una de las ciudades más progresista de la Provincia de Manabí, es un puerto marítimo, mercante, de funcionamiento permanente, que se encuentra a 25 millas de la ruta marítima Norte-Sur del Océano Pacífico” (González, González, & Chavarría, 2016, p. 3).

Condiciones climáticas

El clima de este cantón se ve influenciado por la presencia de dos corrientes atmosféricas: la corriente de Humboldt y la corriente Tropical. La primera se caracteriza por ser fría y propiciar la disminución de la temperatura en la época de verano y lloviznas en la zona seca y semiárida, en tanto que, la segunda es la

responsable de causar el fenómeno de “El Niño”, la cual trae consigo lluvias y temperaturas altas, que se dan en forma cíclica, caracterizada por pluviosidades altas.

Se lo puede catalogar al cantón como de clima tropical megatérmico semi-árido, con precipitaciones promedio de 300.2 mm, temperaturas medias de 24.8 °C y humedad relativa media anual del 77%. (GAD Municipal Cantón Manta, 2019)

Condiciones oceanográficas

Se caracteriza por tener franjas más sobresalientes con respecto al norte del Ecuador, en cuyos márgenes existen grandes movimientos del mar, los cuales son verificados por la oceanografía y meteorología del lugar. Por lo tanto, esta dinámica existente implica que las olas se encuentran en constante oscilación arrastradas por la cantidad de energía que llega directamente desde el océano Pacífico con una dirección noroeste. De esta forma, las consecuencias de estas acciones provocan una transportación de sedimentos y recurrentes erosiones tras los procesos de lavado de material dentro de la costa.

La altura del oleaje en las playas es aproximadamente de 0.60 m y frente al puerto se lograron medir magnitudes máximas en la capa superficial, cuyos estados de flujo y reflujo son de 0.93 m/s y 0.77 m/s respectivamente en dirección noreste en pleamar y bajamar. Dando un promedio en velocidades de 0.43 m/s en flujo y 0.19 m/s en reflujo con dirección noreste. (Ormazábal Salvatierra, 2018)

Edificaciones

Manta al ser una ciudad turística cuenta con varias edificaciones, de las cuales según el último censo se pudo conocer que el 12% son de hormigón, el 78 % de ladrillo o bloque, el 2% de madera, el 5% con caña revestida o bahareque y el 4% no revestida y otros materiales.

Por otra parte, para la evaluación del estado de estas edificaciones se analizó las condiciones de la mampostería, obteniendo que un 48% se encuentran en buenas condiciones, 42% en condiciones regulares y un 9% en malas condiciones, siendo estas últimas las más vulnerables y con un alto riesgo de colapso.

Para el año 2018 la ciudad tenía un total de 67.559 edificaciones, de las cuales únicamente un 13% representaba departamentos. En ese mismo se tenía un total de 54 edificaciones entre hoteles, pensión, residencias u hostel y uno de los más importantes son los hospitales o clínicas que son solo 7. (Ormazábal Salvatierra, 2018)

“La ciudad se está expandiendo rápidamente con enormes proyectos de infraestructura, expansión de sus puertos y más. Adicionalmente ha tenido numerosas nuevas empresas comerciales, incluyendo edificios empresariales, hoteles de lujo, proyectos comerciales, entre otros” (Kelly, 2020).

Figura 4

Ciudad de Manta

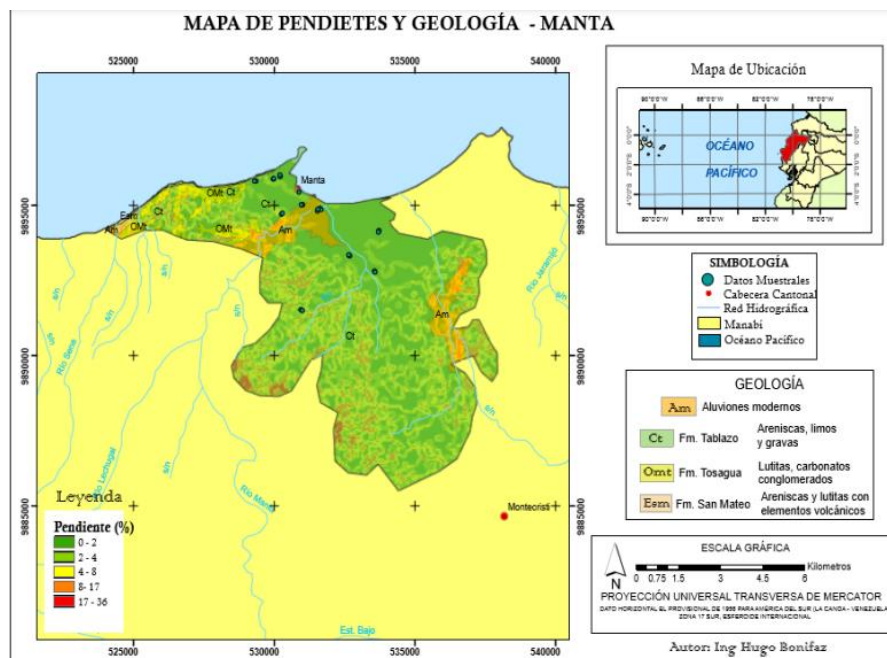


Tipo de suelo

Existen 7 tipos de suelo en el cantón Manta, pero los que tienen mayor relevancia son tres: Inceptisol es el suelo con mayor área de cobertura 44.81%, muy común en regiones montañosas y existe en tierras nativamente jóvenes, de fertilidad muy variable. El tipo Alfisol ocupa un 28.35% del área de cobertura, es un suelo arcilloso que requiere de fertilizantes. Y el suelo de tipo Ardisol el cual ocupa un área del 12.06%, es arcilloso y se encuentra normalmente en lugares desérticos. El tipo de suelo de Manta es muy variado, y su irregularidad lo hace vulnerable a eventos adversos de tipos naturales y antrópicos. (GAD Municipal Cantón Manta, 2019)

Figura 5

Mapa de pendientes y geología - Manta



Nota. Adaptado de Mapa de pendientes y geología - Manta. Recuperado de: (Bonifaz & Haro, 2018)

Hacia el oeste de Murciélago, la línea de playa es acantilada, caracterizado por un suelo arcilloso consolidado y erosionable, la zona es conformada por arenales y depósitos aluviales.

Manta posee calles empinadas y difíciles curvas, se encuentra entre cerros y lomas, por tanto, es un suelo irregular y accidentado a diferencia de lo que se piensa que es un suelo plano.

La superficie de Tarqui es de una formación arenosa que se ha ido acumulando con el pasar de los años, pero a su vez no ha sido bien compactada.

Historia de tsunamis y sismos

El Ecuador se encuentra dentro del denominado “Cinturón de Fuego” razón por la cual se lo ubica en una zona de alta sismicidad (Otavalo, 2017), el peligro sísmico está regido principalmente por dos tipos de fuentes sísmicas: subducción (interplaca e intraplaca), tipo corticales (superficiales). (Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016, p. 3).

Según (Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016) los sismos interplaca (profundidad < 40 km), se generan por el roce entre la placa de Nazca que subduce bajo la placa Sudamericana a lo largo de su zona de convergencia. Los sismos intraplaca (profundidad entre 40 y 300 km) corresponden a los sismos de falla normal de profundidad intermedia. Los sismos corticales (profundidad < 40 km) corresponden a los sismos someros que ocurren dentro de la placa Sudamericana. (p. 3)

El litoral de Ecuador se localiza aproximadamente a 50 km de la zona de convergencia de las placas, siendo esta interacción en la fuente sismogénica más activa e importante del país (Aguilar, 2010), y forma parte de la zona de subducción, lugar en el cual ocurren sismos mayores a 6.7 y cuyos epicentros se encuentran muy cerca de las líneas de la costa (Contreras, 2013).

“En el país se han producido una cantidad representativa de sismos de diferente magnitud” (Peñafiel & Salas, 2019, p. 8), como el gran terremoto en 1906 (Mw 8.8) que ocasionó la ruptura de aproximadamente 500 km de longitud de la placa principal, por tal motivo es considerado uno de los sismos más grandes de la historia. (Aguiar & Ortiz, 2017, p. 2)

En nuestro país no han existido eventos catastróficos en más de un siglo, a excepción del sismo de Bahía de Caráquez en 1997 (Mw 7.1), el mismo que dejó en evidencia los problemas que se tiene en el diseño sismorresistente en el Ecuador, no obstante, a pesar de esta situación no se ha prestado la debida atención a esta problemática, y como consecuencia se tiene la inexistencia de estudios acerca de este tema. (Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016), “la coexistencia con la actividad sísmica pasó a ser parte de la cultura ecuatoriana” (Otavalo, 2017, p. 4).

El terremoto de Pedernales en 2016 (Mw 7.8) supone una nueva etapa de eventos sísmicos, debido a que se encuentra en el mismo lugar del segmento ya roto en el terremoto de 1942 (Mw 7.8), estos acontecimientos fueron el resultado del empuje de fallas poco profundas en el límite de las placas de Nazca y Sudamérica. (Aguiar & Ortiz, 2017, pág. 252)

La probabilidad de que se produzca un evento sísmico se encuentra relacionado con el riesgo sísmico, el mismo que influye en los posibles efectos de amplificación de las ondas sísmicas, la vulnerabilidad de las estructuras o edificaciones, habitantes y bienes que puedan ser perjudicados. Entonces se puede definir al riesgo sísmico como la combinación de la peligrosidad sísmica, con la vulnerabilidad y la posibilidad de que se produzcan en ella daños por movimientos sísmicos en un periodo de tiempo determinado. (Ocando, 2011)

Desde 1906 hasta el 2016 en la costa norte del Ecuador han existido siete terremotos de magnitud mayor o igual a 7.0. Con este antecedente, se ha percibido que el país posee alta peligrosidad sísmica, con un período de recurrencia de 20 años. Dado estos hechos, la ocurrencia de esta clase de eventos es inevitable, pero se puede ayudar si se construyen edificaciones sismorresistentes que resistan las fuerzas sísmicas que generan estas catástrofes. (Aguar, 2017)

En el año 2012 en zonas cercanas al cantón Manta se produjeron sismos relacionados a la actividad sísmica presente en la región (Centro del Agua y Desarrollo Sustentable CADS-ESPOL, 2013), en el área de la Cuenca del Pacífico ocurre una actividad sísmica severa la cual ocasiona eventos tipo tsunami, afectando directamente a la plataforma continental costera del Ecuador. (Gusiakov, 2005; Pararas-Carayannis, 2012; Rodriguez et al., 2016).

El cantón Manta tiene un nivel medio de peligrosidad ante este tipo de eventos catastróficos, los cuales han sido registrados en la parroquia urbana de Tarqui y Jaramijó en 1953, definiéndola como la primera zona de riesgo. (GAD Municipal Cantón Manta, 2019)

Según (Contreras, 2013) “un sismo tsunamigénico es capaz de producir un tsunami”. Este tipo de evento se define como de gran amenaza para el Ecuador como consecuencia de la dirección que toma una vez generado (GAD Municipal Cantón Manta, 2019).

Los asentamientos de una población, poco preparada, en el área costera ecuatoriana son propensos a ser golpeados por tsunamis usualmente generados en ambientes locales, regionales y geodinámicos lejanos causando resultados devastadores en estas zonas. (Chunga & Toulkeridis, 2014; Heidarzadeh et al., 2017; Herd et al., 1981;

loualalen et al., 2014; Kanamori & McNally, 1982; Mendoza & Dewey, 1984; Pararas-Carayannis, 2012).

Los tsunamis y maremotos están dentro de los efectos más destructivos que se pueden generar producto de un gran sismo o terremoto. Si el sismo se produce en áreas marítimas y genera movimiento de la corteza oceánica la consecuencia es el movimiento vertical de las aguas que se encuentran sobre el epicentro. (GAD Municipal Cantón Manta, 2019)

Tsunamis de origen tectónico y deslizamientos de tierra submarinos se generan en el margen continental activo (loualalen et al., 2011; Moberly et al., 1982; Pararas-Carayannis, 2012; Pontoise & Monfret, 2004; Ratzov et al., 2010). El colapso masivo de volcanes en el archipiélago de Galápagos trae consigo la formación de tsunamis y en ciertos casos iminamis. (Cannon, 1994; Glass et al., 2007; Kates, 1976; Keating & McGuire, 2000; McGuire, 2006; Pararas-Carayannis, 2002; Pinter & Ishman, 2008; Toulkeridis, 2011; Whelan & Kelleter, 2003).

Desde el año 1906 hasta la actualidad se registró 6 tsunamis teniendo su origen cerca de las costas ecuatorianas y debido a la poca presencia de población no fueron destructivos al llegar a la costa, ya que su altura puede variar entre pocos centímetros hasta llegar a varios metros, dependiendo de las condiciones del mar. En el caso de los tsunamis destructivos su fuente de generación fue de campo tanto cercano como lejano y se conoce que al sur del cabo de San Lorenzo se tiene una zona de silencio sísmico, lo cual provoca que en nuestro país exista una amenaza de sismo tsunamigénico destructivo. (Contreras, 2013)

Como antecedente de los tsunamis de origen lejano se tiene el de Japón el 11 de marzo del 2011 (8,9 Mw), lo cual generó un aumento en la altura de las olas en las islas Galápagos.

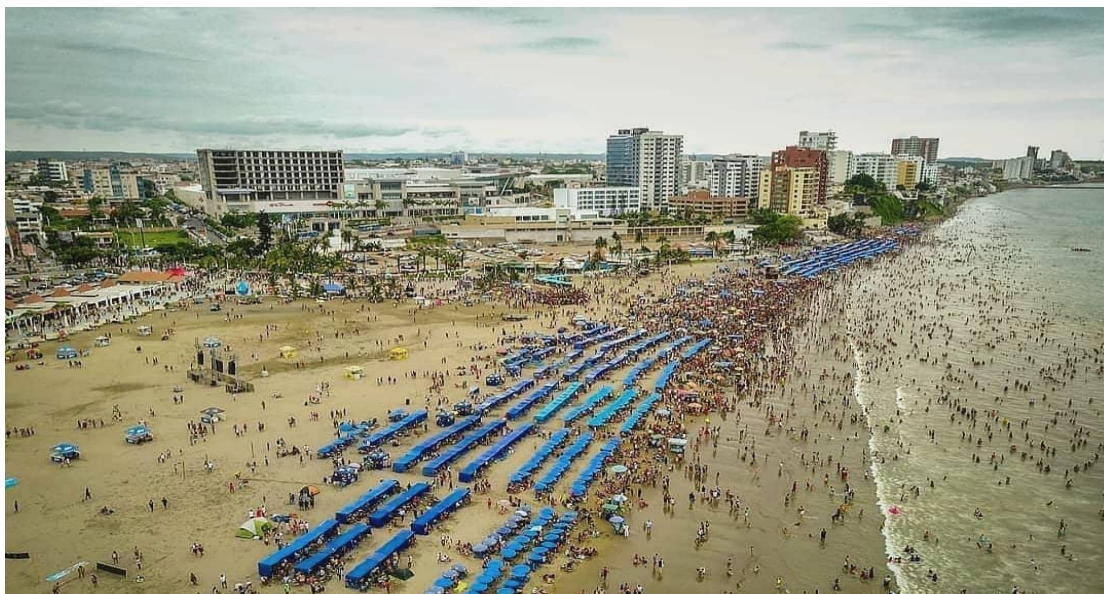
Entre los impactos que sufren las comunidades costeras con la presencia de este tipo de eventos se encuentran: muertes, destrucción de la infraestructura portuaria, inundación en grandes extensiones de terreno y daño a los sistemas de transporte, redes de energía y agua potable. Además, el arrastre de objetos y sustancias puede provocar la contaminación ambiental y enfermedades epidémicas en sectores poblados. (Winckler G, Reyes G, & Contreras L, 2011)

La ciudad de Manta se encuentra expuesta a la presencia de eventos tipo tsunami, que afectaría no solo al sector turístico también a su Puerto Marítimo, Aeropuerto, centros bancarios, oficinas públicas y privadas. Al presentarse un tsunami tanto los hospitales, centros de salud e instituciones de manejo de emergencias y localidades comunitarias, ubicados en las zonas bajas y cerca de la línea de costa, quedarían afectados, lo cual representa un riesgo al momento de reaccionar ante una emergencia. (GAD Municipal Cantón Manta, 2019)

Según (GAD Municipal Cantón Manta, 2019) el número de infraestructuras que se encuentra expuesta a este tipo de eventos corresponde a un 22%, como se lo puede observar en la tabla 1 y figura 7.

Figura 6

Zona turística de la ciudad de Manta

**Tabla 1**

Número de infraestructuras que se encuentran expuestas

AMENAZA	CASA	DEPART	CASA- INQ	RANCHO	COVACHA	HOTEL	HOSPITAL	TOTAL
ALTA	24222	4959	980	1083	431	85	2	31762
BAJA	16476	3117	508	918	317	33	1	21370
								TOTAL
								53132

Nota. Adaptado de número de infraestructura que se encuentra expuesta. Recuperado de: (GAD Municipal Cantón Manta, 2019).

Figura 7

Mapa de vulnerabilidad estructural por inundación de Tsunami



Nota. Adaptado Mapa de vulnerabilidad estructural por inundación de Tsunami.

Recuperado de: (GAD Municipal Cantón Manta, 2019).

Mientras que la población expuesta ante una inundación por tsunami es de 17.74%, como se detalla en la tabla 2 y figura 8.

Tabla 2

Población expuesta ante una inundación

Riesgo	HOMBRE	MUJER	TOTAL	%
ALTA	22407	22574	44981	17.74
BAJA	6998	7293	14291	5.63
TOTAL			59272	23.37
Total, población Manta (proy. INEC 210)			253.441	100

Nota. Adaptado de población expuesta ante una inundación. Recuperado de: (GAD Municipal Cantón Manta, 2019).

Figura 8

Mapa de vulnerabilidad poblacional por inundación de Tsunami



Nota. Adaptado Mapa de vulnerabilidad poblacional por inundación de Tsunami. Recuperado de: (GAD Municipal Cantón Manta, 2019).

En el siglo XIX se registraron 13 tsunamis, de los cuales 4 son de campo cercano (30.8%). Al menos dos tsunamis fueron destructivos, cuyos orígenes fueron Perú de 1860 y el de Chile de 1868. En el siglo XX se registraron 33 tsunamis, de los cuales 10 son de campo cercano (30.3%). Seis tsunamis fueron destructivos en el litoral continental. En el siglo XXI, se han consignado hasta el año 2012 la cantidad de 9 tsunamis, ninguno de campo cercano. A continuación, se describen algunos de los 58 tsunamis de campo cercano y lejano identificados como se muestra en la figura 9. (Contreras, 2013, p. 54)

Figura 9

Base de datos de tsunamis de campo lejano y cercano ocurridos en Ecuador desde 1586 a 2012

N° (Id)	Terremoto								Tsunami					Fuente	
	Fecha			Hipocentro					Campo	Run-up Registrados			N° Víctimas		Escala (Wiegel)
	Año	Mes	Día	Mw	Lugar	Latitud	Longitud	Profundidad [km]		Origen [m]	Ecuador Continental [m]	Galápagos [m]			
1	1586	7	10	8.5	Perú	-12.2	-77.7	60	I	26	SD	SD	SD	3	1, 2, 3, 4
2	1678	6	18	8.2	Perú	-9.0	-79.0	40	I	SD	SD	SD	SD	2	1, 2, 3, 4
3	1746	10	29	8.6	Perú	-12.5	-77.0	30	I	24	SD	SD	4800	3	1, 2, 3, 4
4	1806	12	1	7.5	Perú	-12.1	-77.1	30	I	1	SD	SD	SD	1	1, 3, 4
5	1808	11	30	SD	Ecuador	-0.2	-78.3	SD	C	SD	SD	SD	SD	SD	3, 4
6	1827	11	16	7.0	Ecuador	-1.8	-76.4	10	C	SD	SD	SD	SD	1*	3, 4
7	1847	5	23	SD	Perú	-12.1	-77.1	SD	I	2	SD	SD	SD	1	1, 3, 4
8	1860	4	23	SD	Perú	-12.0	-77.1	SD	I	0.7	>2	SD	SD	2	1, 3, 4
9	1865	1	8	SD	Perú	-12.0	-77.1	SD	I	2	SD	SD	SD	5	1, 3, 4
10	1868	8	13	9.1	Chile	-17.7	-71.6	25	I	18	4	SD	25000	3	1, 3, 4
11	1868	8	18	7.7	Ecuador	0.4	-78.1	SD	C	SD	SD	SD	SD	1*	3, 4
12	1877	5	10	8.3	Chile	-21.1	-70.3	25	L	21	SD	SD	2500	3	1, 3, 4
13	1877	5	14	SD	Perú	-12.1	-77.15	SD	I	SD	SD	SD	SD	1	1, 4
14	1877	10	11	SD	Colombia	2.3	-78.8	SD	C	SD	SD	SD	SD	1*	4
15	1878	1	27	SD	Perú	-12.1	-77.1	SD	L	SD	SD	SD	SD	5	2, 1, 3, 4
16	1882	9	7	7.9	Panamá	7.3	-77.8	40	I	3	SD	SD	SD	100	1, 1, 3
17	1906	1	31	8.8	Ecuador	1.0	-81.5	25	C	5	5	SD	1500	2	1, 3, 4, 5, 6, 7
18	1906	2	7	6.3	Ecuador	1.0	-81.0	SD	C	SD	SD	SD	SD	1	4, 8, 9
19	1914	1	12	SD	Perú	-12.0	-76.6	33	I	1	SD	SD	SD	1	1, 3, 4
20	1933	10	2	6.9	Ecuador	-2.2	-81.0	10	C	SD	2.5	2.0	0	1	1, 4, 6
21	1942	5	22	7.0	Colombia	4.6	-74.5	13	C	1	SD	SD	SD	1	3, 4, 7
22	1952	3	4	8.1	Japón	41.8	144.1	45	L	6.5	0.1	SD	600	1	1, 3, 4
23	1952	11	4	9.0	Rusia	52.8	159.5	20	L	18.6	1.89	SD	4000	2	1, 3, 4
24	1953	2	15	5.5	Perú	-12.0	-77.5	33	I	0.7	SD	SD	SD	1	1, 3, 4
25	1953	12	12	7.4	Perú	-3.6	-80.6	30	C	1	0.2	SD	SD	7	1, 1, 3, 4, 6
26	1957	3	9	8.7	Alaska	51.6	-175.3	28	L	22.8	0.53	SD	SD	2	1, 3
27	1958	1	19	7.7	Colombia	1.0	-79.5	20	C	SD	5.9	SD	SD	100	2, 1, 3, 4, 6, 7
28	1959	2	7	7.4	Perú	-3.8	-81.6	19	C	0.4	SD	SD	0	0	1, 3, 4
29	1960	5	22	9.5	Chile	-38.3	-72.7	33	L	25	1.9	0.6	2000	4	1, 3, 4
30	1960	11	20	6.8	Perú	-6.6	-80.6	31	I	9	SD	SD	SD	66	1, 1, 3, 4
31	1962	3	12	6.8	Costa Rica	8.1	-82.7	19	I	0.1	SD	0.1	0	0	1, 3, 4
32	1964	3	28	9.2	Alaska	61.0	-147.7	7	L	67.1	0.6	1.0	140	2	1, 3, 4
33	1965	2	4	8.7	Alaska	51.2	-178.5	30	L	10.7	0.2	SD	0	1	1, 3
34	1966	10	17	8.1	Perú	-10.8	-78.7	34	I	3	SD	0.2	100	1	1, 2, 3, 4
35	1966	12	28	7.8	Chile	-25.5	-70.7	30	L	0.9	SD	0.1	0	0	1, 3
36	1967	9	3	7.0	Perú	-10.6	-79.7	38	I	2	SD	SD	SD	1	1, 3
37	1969	8	11	8.2	Rusia	43.6	147.8	27	L	5	0.3	0.2	0	0	1, 3, 4
38	1970	5	31	7.9	Perú	-9.2	-78.8	43	I	1.8	SD	SD	SD	1	1, 3
39	1974	10	3	8.1	Perú	-12.3	-77.8	13	I	1.8	SD	SD	0	1	1, 2, 3
40	1979	12	12	8.1	Colombia	1.6	-79.4	24	C	6	>2	SD	600	2	1, 3, 4, 6, 7
41	1985	3	3	8.0	Chile	-33.1	-71.9	33	L	3.5	0.2	SD	0	0	1, 3, 4
42	1985	9	19	8.0	México	18.2	-102.5	27	I	3	0.3	0.11	9500	1	1, 3, 4
43	1986	5	7	8.0	Alaska	51.5	-174.8	33	L	0.9	0.07	0.02	0	0	1, 3, 4
44	1992	9	2	7.7	Nicaragua	11.7	-87.3	45	I	9.1	0.1	0.55	170	2	1, 3, 4
45	1995	10	9	8.0	México	19.1	-104.2	33	I	5	SD	0.1	50	1	1, 3, 4
46	1996	2	21	7.5	Perú	-9.6	-79.6	10	C	5.1	SD	0.2	7	1	1, 3
47	1996	2	25	7.1	México	15.9	-98.1	21	I	0.1	SD	0.06	0	0	1, 3
48	1996	6	10	7.9	Alaska	51.6	-177.6	33	L	1.02	SD	0.04	0	0	1, 3
49	1998	8	4	7.2	Ecuador	-0.6	-80.4	33	C	SD	SD	SD	4	0	1, 3, 9
50	2001	6	23	8.4	Perú	-16.3	-73.6	33	I	8.6	SD	0.9	26	1	1, 3, 4
51	2004	12	26	9.1	Sumatra	3.3	95.8	10	L	50.9	SD	0.14	250000	4	1, 3
52	2006	11	15	8.3	Rusia	46.6	153.3	10	L	0.88	SD	0.33	0	0	1, 4
53	2007	8	15	8.0	Perú	-13.4	-76.6	39	I	10.05	SD	0.54	500	1	1, 2, 4
54	2009	3	19	7.6	Islas Tonga	-23.0	-176.7	34	L	0.15	0.06	0.14	0	0	1, 4
55	2009	9	29	8.0	Islas Samoa	-15.5	-172.1	18	L	22.35	SD	0.13	200	2	1, 4
56	2010	2	27	8.8	Chile	-36.1	-72.9	23	L	29	SD	1.08	200	3	1, 4
57	2011	3	11	9.0	Japón	38.3	142.4	29	L	38.9	SD	>2	20000	3	1, 4, 10
58	2011	7	6	7.6	Nueva Zelanda	-29.6	-176.3	17	L	1.2	SD	0.15	0	0	1

Nota. Base de datos de tsunamis de campo lejano y cercano ocurridos en Ecuador desde

1586 a 2012. Recuperado de: (Contreras, 2013, p. 55).

Metodología

Criterios utilizados para la evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis de posibles refugios provisionales

Metodología italiana modificada para calcular índice de vulnerabilidad

El uso de métodos para evaluar tanto la fragilidad como la vulnerabilidad estructural en edificaciones, nos permiten estimar los daños y las pérdidas que se podrían presentar a futuro. “Para estructuras de hormigón armado se tiene la denominada Metodología Italiana, con cual se obtiene el Índice de Vulnerabilidad, esta metodología ha sido modificada en base a la experiencia del autor” (Aguiar, 2018).

Al aplicar esta evaluación es importante ser riguroso con cada uno de los parámetros que se va analizar, caso contrario se puede obtener resultados que no reflejan el estado actual de la edificación.

Según (Aguiar, 2018) recomienda que se complemente su estudio con análisis sísmico por el método espectral o con Método del Espectro de Capacidad, considerando un modelo de un grado de libertad por planta y determine la relación entre la altura total de la estructura con respecto al período de vibración. Además, las derivas de piso, con estos valores se tienen mayores argumentos para definir la vulnerabilidad sísmica.

En esta metodología además de realizar una inspección visual y en ciertos casos una simulación computarizada, se debe tener en cuenta otros parámetros entre ellos el procedimiento de la construcción (Aguiar, 2018).

La Metodología Italiana, para evaluar el Índice de Vulnerabilidad sísmico I_V , fue propuesto por Benedetti y Petrini (1984) y acogido por un ente gubernamental como es el GNDT (1986) Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti. En la tabla 3, se presentan los parámetros, del número 1 al 11, que considera la metodología,

se ha incrementado el parámetro 12, que considera si la estructura ha sido reforzada luego de un sismo o solo arreglaron. (Aguiar, 2018)

Tabla 3

Parámetros a evaluar del índice de vulnerabilidad

Parámetro	Clase Ki			Wi
	A	B	C	
1. Organización del Sistema Resistente	0	6	12	1
2. Calidad del Sistema Resistente	0	6	12	0.5
3. Resistencia Convencional	0	11	22	1
4. Posición del Edificio y Cimentación	0	2	4	0.5
5. Losas	0	3	6	1
6. Configuración en Planta	0	6	12	1
7. Configuración en Elevación	0	11	22	1
8. Conexión de elementos Críticos	0	3	6	0.75
9. Elementos de baja ductilidad	0	6	12	1
10. Elementos no Estructurales	0	4	10	0.25
11. Estado de Conservación	0	10	20	1
12. Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0	11	22	1

Nota. Esta tabla muestra Wi: Ponderación; Ki: Clase de los parámetros de la metodología italiana modificada. Obtenido de: (Aguiar, 2018).

La razón del incremento de este parámetro fue debido a que, en Bahía de Caráquez, luego del terremoto del 2016, algunas estructuras tuvieron un daño significativo, lo cual trajo como consecuencia el derrocamiento de las mismas, este accionar se debió a que las estructuras no fueron reforzadas luego del terremoto de 1998. (Aguiar & Zambrano, 2018)

Después de un terremoto, la estructura queda “sentida” con fisuras milimétricas que sus propietarios restan importancia por lo que solo se limitan a arreglar la estructura, pero no a darle mayor capacidad sísmica. Estas estructuras en un futuro sismo se van a dañar en forma considerable.

Los otros 11 parámetros de la Metodología Italiana, se mantienen, pero en algunos casos se les ha dado un mayor valor de vulnerabilidad K_i y en otros casos se les ha dado mayor peso W_i en base en lo observado en los sismos de Macas (1995, M=6.8); Bahía de Caraquez (1998, M=7.1); Eje Cafetero de Colombia (1999, M=5.9); El Salvador (2001, M=7.6); Chile (2010, M=8.8). (Aguiar, 2018)

De acuerdo a los 12 parámetros indicados en la tabla 3 el Índice de Vulnerabilidad I_V se halla con la siguiente ecuación.

$$I_V = \sum_{i=1}^{12} K_i W_i$$

Las estructuras más seguras serán aquellas que clasifican como A, en la tabla 3, y las más vulnerables aquellas que tienen C. No siempre se debe evaluar como A, B, o C, con los valores indicados en la tabla 3. Habrá casos en que la estructura para uno de los parámetros tenga un valor entre B y C. (Aguiar, 2018)

Organización del sistema resistente.

En este parámetro, se analiza la tipología estructural adoptada, visualizando si se cuenta con muros de corte, vigas descolgadas, columnas gruesas etc. De esta manera se indica lo que se debe considerar para que una estructura pueda clasificarse como A, B, C, incluyendo la tipología estructural (que no considera la metodología italiana). (Aguiar, 2018)

Clase A

Estructura con muros de corte o estructura con columnas gruesas y vigas descolgadas. Se las ve bien estructuras y rígidas (Aguiar, 2018).

Clase B

Estructura sin muros de corte, con columnas de dimensiones que parecen ser apropiadas y con vigas ligeramente descolgadas. No se la ve rígida pero tampoco flexible.

Estructuras que tienen muros de mampostería como elementos resistentes (Aguiar, 2018).

Clase C

Estructura que se la ve flexible, compuesta por losa plana y columnas de pequeñas dimensiones. Estructura con vigas banda y columnas de pequeña dimensión (Aguiar, 2018).

Calidad del sistema resistente.

Para poder determinar la resistencia del hormigón se puede usar diferentes equipos, en los cuales se puede mencionar un esclerómetro o un equipo de ultrasonido, es importante comprobar la resistencia del hormigón a compresión mediante estos ensayos, para de este modo verificar la información presentada en los planos estructurales. De ser el caso de que una edificación presente cielos rasos falsos, estos deberán ser levantados para poder verificar la calidad del hormigón y observar si existe fisuras en vigas, con especial énfasis en las vigas de gran peralte (Aguiar, 2018).

Clase A

Estructura con muy buen hormigón, la resistencia supera los 24 MPa. No se observan zonas de “hormiguero”, se ve un hormigón de muy buena calidad. Los aceros utilizados son varillas corrugadas y por la información disponible (conversaciones o visualización) se ve que no existe la posibilidad de tener hierros con óxido. La mampostería utilizada es de buena calidad y se encuentra bien confinada. Las juntas de construcción tienen buenos acabados y están debidamente selladas (Aguiar, 2018, p. 16).

Clase C

Estructura con hormigones cuya resistencia es menor a 18 MPa. Existen zonas de “hormiguero”. Hay indicios de que probablemente la armadura se encuentre

oxidada. Las juntas de construcción no están bien construidas con malos acabados. Existen varillas de acero visibles. La construcción es de baja calidad (Aguiar, 2018, p. 16).

Clase B

Son aquellas que no clasifican como A ni como C. No se puede decir, solo esta viga o solo esta columna tiene zonas de hormiguero o es de mala calidad, las demás están bien por lo que le pongo como estructura segura. Eso es falso ya la falla se va a dar en esos elementos de mala calidad. Por lo que se debe ser riguroso en la evaluación (Aguiar, 2018, p. 16).

Resistencia convencional.

En este parámetro se desea calcular la Capacidad y Demanda. Capacidad que tiene la estructura para resistir las fuerzas sísmicas y demanda hallada por medio del cortante basal V_0 . Se recuerda que se está presentando la metodología italiana modificada por el autor de este capítulo. El cortante basal V_0 estipulado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción de 2015, (NEC, 2015), se halla con la siguiente ecuación (Aguiar, 2018, p.18).

$$V_0 = \frac{ISa}{R\phi_p\phi_e}w$$

Donde I es el factor de importancia; S_a es el coeficiente de la aceleración de la gravedad del espectro elástico, asociada al período fundamental; R es el factor de reducción de las fuerzas sísmicas; ϕ_p , ϕ_e , factores que toman en cuenta las irregularidades en planta y elevación; en este ejemplo valen 1. W es el peso reactivo que es igual a la carga muerta más el porcentaje de la carga viva. El período fundamental puede hallarse con la ecuación aproximada del NEC-15, o mediante la siguiente expresión $T=0.11 NP$. Siendo NP el número de pisos.

$$V = \sum_{i=1}^n 0.53 \sqrt{f'_c} A_{di}$$

Donde A_{di} es el área de la sección transversal de un elemento vertical en cm^2 (estrictamente debería ser $b \cdot d$); f'_c es la resistencia a compresión del hormigón, que tiene que evaluarse por lo menos con un esclerómetro, en kg/cm^2 . De tal manera que la capacidad al corte que se halla con la ecuación anterior viene en kg que deberá pasarse a Toneladas. La sumatoria se extiende a todas las columnas muros de la planta baja o en el piso donde se obtuvo el cortante basal (para el caso de estructuras con subsuelos) (Aguiar, 2018, p. 18).

Por otra parte, el NEC-15 establece un valor muy alto de la deriva máxima de piso inelástica que es del 2%. Con un valor de R alto y una deriva de piso máxima permitida, el diseño reporta estructuras flexibles. En un edificio de menos de 7 pisos no se utilizan muros de corte, solo columnas y vigas de dimensiones moderadas o pequeñas (Aguiar, 2018, p. 18).

Evaluación de la relación H/T.

La evaluación de este parámetro se hizo de varias formas, una de ellas fue mediante la relación H/T . Siendo H la altura total del edificio y T el período de vibración, para el efecto se trabajó en las estructuras regulares con un modelo de un grado de libertad por planta, se determinó las matrices de rigidez y de masas en el centro de masas y se encontró el período fundamental de vibración (Aguiar, 2018, p. 19).

Clase A

$$\frac{H}{T} > 30$$

Clase B

$$15 \leq \frac{H}{T} < 30$$

Clase C

$$\frac{H}{T} < 15$$

Evaluación de la Deriva de Piso.

Se utiliza el Método del Espectro de Capacidad y el Método Espectral, con los cuales se evaluó la deriva de piso de las estructuras de hormigón armado, con un modelo de un grado de libertad por piso. En base a la deriva de piso γ se tiene la siguiente clasificación (Aguiar, 2018, p. 20).

Clase A

$$\gamma \leq 1 \%$$

Clase B

$$1.0 < \gamma \leq 1.5 \%$$

Clase C

$$\gamma > 1.5 \%$$

Posición de edificio y cimentación.

Este parámetro clasifica a las estructuras según el perfil del suelo en el que se ubica su cimentación.

Clase A

La edificación se halla en un perfil de suelo "C", en suelo horizontal o con un declive menor al 15%. No hay ningún peligro de que en su cercanía se tenga un desnivel que pueda ocasionar caída del material sobre la estructura. Por otra parte, no se observan fisuras horizontales en la parte inferior de las paredes que conduzcan a suponer que hay problemas con la cimentación (Aguiar, 2018, p. 21).

Clase B

La construcción se encuentra en un perfil de suelo "D" en un suelo horizontal o declive menor al 15%. Lo restante igual a lo indicado en Clase A. Es decir, no hay problema con la cimentación. La edificación está en un perfil de suelo "C" pero en un sitio con pendiente mayor al 15% y menor al 30% (Aguiar, 2018, p. 21).

Clase C

Edificación con cimentación insuficiente al margen del tipo de suelo en que se encuentra. Esto se deduce porque tiene problemas de asentamientos o simplemente del análisis de los planos estructurales. La edificación se encuentra en un perfil de suelo "C" pero en un terreno con pendiente mayor al 30%. Edificación se encuentra en un perfil de suelo "D" pero la pendiente es mayor al 15%. Edificación se halla en un perfil de suelo "E" al margen de que se halle en suelo recto o inclinado. Es muy mal suelo el tipo peor aún si edificación se encuentra en perfil de suelo "F". Se entiende que no han hecho ningún mejoramiento de suelo para pasar a otra categoría (Aguiar, 2018, p. 21).

Losas

En este parámetro se clasifica las edificaciones dependiendo de la altura de compresión de su loseta y otras características que se detallan a continuación.

Clase A

- La loseta a compresión debe tener una altura mayor a 10 cm.
- La losa se encuentra sobre vigas descolgadas.
- La forma de la losa tiende a un cuadrado, con relación lado largo a lado corto menor a 1.5.
- Las aberturas de la losa son menores al 30% del área de la planta.

- No se observan pisos intermedios a un lado de la construcción.

Clase B

- La loseta a compresión tiene una altura menor a 10 cm.
- La losa se encuentra sobre vigas ligeramente descolgadas.
- La relación entre lado largo a lado corto está entre 1.5 y 2.
- Las aberturas de la losa superan el 30% del área en planta, pero menor al 50%.

Clase C

- La loseta de compresión es de 5 cm, de peralte.
- Es losa plana sobre columnas.
- Es losa con vigas pérdidas sobre columnas.
- La relación entre lado largo a lado corto es mayor a 2.
- Las aberturas de la losa superan el 50% del área de la planta.

En el terremoto de 2016 de Ecuador se observó losas planas sobre muros de corte, que tuvieron un muy buen desempeño sísmico. De tal manera que para evaluar una estructura con losa plana se debe ver los elementos verticales, si son columnas muy vulnerables, si tienen muros de corte no se categoriza como vulnerable (Aguar, 2018, p. 23).

Configuración en planta

En el centro de Manta y Portoviejo se pueden observar algunos solares esquineros vacíos, pues las construcciones que existían anteriormente colapsaron por el problema de edificio abierto, este tipo de falla se presentan generalmente en construcciones esquineras, las cuales se hallan adosadas a edificaciones vecinas. Es recomendable dejar en la planta baja espacios abiertos. (Aguar, 2018)

Es importante determinar la excentricidad estática, utilizando algún procedimiento simplificado. Se define la excentricidad estática como la distancia entre el centro de masas y el centro de rigidez. El centro de masas es el lugar geométrico donde se considera concentrado el peso. En cambio, el centro de rigidez es el lugar geométrico donde al aplicar las fuerzas sísmicas, la estructura se desplaza sin giro de torsión. El centro de rigidez solo existe en estructuras de un piso, por esta razón se debe utilizar un procedimiento simplificado basado en la rigidez de cada pórtico y en el equilibrio de fuerzas horizontales y momentos para determinar en forma aproximada este centro de rigidez. Se denomina: (Aguilar, 2018).

$$\beta_1 = \frac{e_x}{L_x} \quad \beta_1 = \frac{e_y}{L_y}$$

Donde e_x , e_y , son las excentricidades estáticas en sentido X, Y; L_x , L_y , son las dimensiones en planta en sentido X, Y de la estructura.

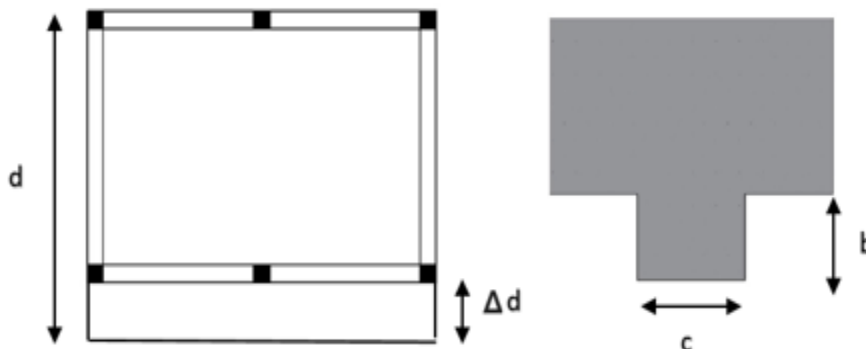
Por otra parte, en base a la nomenclatura indicada en la figura 10, se debe determinar:

$$\beta_2 = \frac{\Delta d}{d} \quad \beta_3 = \frac{c}{b}$$

Donde Δd , es la longitud del voladizo; d es la dimensión total en la dirección del voladizo; c , b , dimensiones de la protuberancia, se debe ver que esta relación sea mínima.

Figura 10

Vista en planta de estructuras



Nota. Adaptado Vista en planta de estructuras; a) Voladizo en la construcción; b) Salientes de la construcción. Recuperado de: (Aguiar, 2018).

Clase A

- Estructuras que no tienen problema de edificio abierto.
- Estructuras completamente regulares en planta sin protuberancias
- Estructuras con $\beta_1 \leq 0.05$
- Estructuras con $\beta_2 \leq 0.1$
- Estructuras con $\beta_3 \leq 0.1$

Clase B

- Se tiene la sospecha de que es un edificio abierto.
- Protuberancia menor al 10% de la longitud en el sentido de la protuberancia
- $0.05 < \beta_1 \leq 0.10$
- $0.1 < \beta_2 \leq 0.20$
- $0.1 < \beta_3 \leq 0.20$

Clase C

- Se trata de un Edificio Abierto
- Protuberancia mayor al 10% de la longitud en el sentido de la protuberancia.
- $\beta_1 > 0.10$
- $\beta_2 > 0.20$
- $\beta_3 > 0.20$

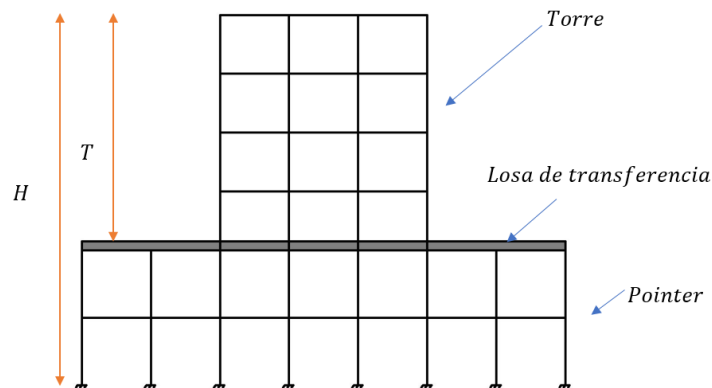
Configuración en elevación.

En este punto es importante notar que estructuras presentan la falla denominada piso blando y verificar si las estructuras tienen Pointer como se indica en la figura 11, y sus dimensiones H, T.

$$\gamma_1 = \frac{T}{H}$$

Figura 11

Estructura con Pointer en la parte Central



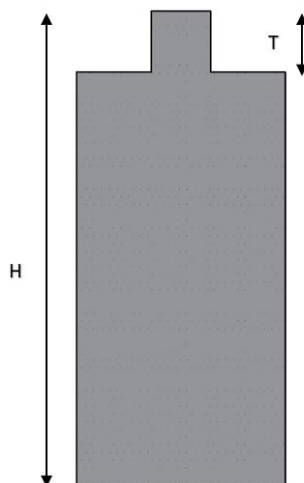
Nota. Adaptado de Estructura con Pointer en la parte central. Recuperado de: (Aguilar, 2018).

Como se muestra en la figura 12, tendríamos otro caso crítico, en el cual solo se produciría una disminución en el área de construcción en los últimos pisos.

$$\gamma_2 = \frac{T}{H}$$

Figura 12

Estructura irregular en elevación en el último piso o últimos pisos



Nota. Adaptado de Estructura irregular en elevación en el último piso o últimos pisos.

Recuperado de: (Aguilar, 2018).

Clase A

- Edificación que no tiene Piso Blando
- Estructura completamente regular en elevación sin entrantes ni salientes.
- Estructuras que se encuentran separadas de edificaciones vecinas.
- Se aprecia que la rigidez de los pisos inferiores es mayor que la rigidez de los pisos superiores.

Clase B

- Estructuras con Pointer como la indicada en la figura 12, que no cumpla con la condición indicada para Clase C.

- Estructura con piso de menor dimensión en último piso, que no cumpla la condición de Clase C.
- Estructuras que se hallan adosadas a estructuras vecinas, con juntas insuficientes que hacen suponer que existirá golpeteo durante un sismo entre estos edificios, pero las dos estructuras tienen aproximadamente la misma altura y sus losas se hallan a la misma altura.

Clase C

- Estructura con Piso Blando
- Estructuras con Pointer en las que se cumple que:

$$0.7 \leq \gamma_1 \leq 0.9$$

- Estructura con piso superior de menor área en que cumpla:

$$0.1 \leq \gamma_2 \leq 0.3$$

- Estructura que se halla adosada a otra construcción con junta de construcción insuficiente y que hace presumir que existirá golpeteo durante un sismo, pero lo crítico radica en que las losas se encuentran a diferente altura; de tal manera que el golpeteo se va a dar en las columnas.

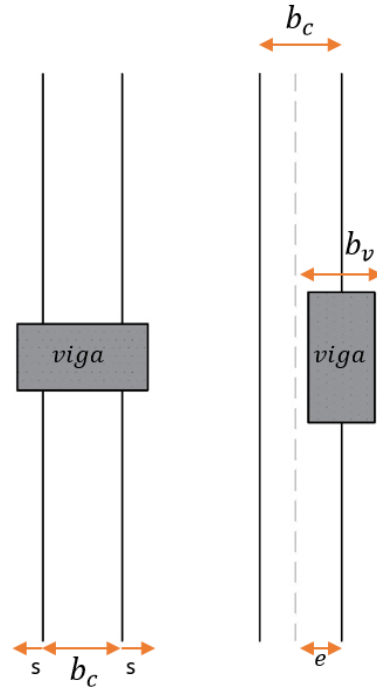
(Aguiar, 2018)

Conexión de elementos críticos.

Es muy común encontrar que la viga no está centrada con la columna, normalmente cuando no existe un control adecuado en la etapa de construcción, generando momentos en los nudos, los cuales no estaban contemplados en el análisis. En la figura 13, se puede observar un caso particular en el que la viga es más ancha que la columna. (Aguiar, 2018)

Figura 13

Viga que sobresale de la losa y viga mal construida

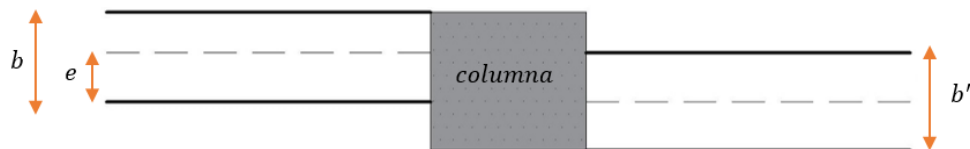


Nota. Viga que sobresale de la losa y viga mal construida. Recuperado de: (Aguiar, 2018).

Cuando los ejes de dos vigas que llegan a una columna no están alineados, se presenta otro caso de Vulnerabilidad Sísmica como se indica en la figura 14.

Figura 14

Vista en planta de vigas que llegan a una columna, no están alineadas



Nota. Vista en planta de dos vigas que llegan a una columna, pero no están alineadas, existe una excentricidad e , entre sus ejes. Recuperado de: (Aguiar, 2018).

“En elevación también puede darse un caso similar al indicado en la figura 14”.

(Aguiar, 2018)

$$\Gamma_1 = \frac{s}{b_c} \quad \Gamma_2 = \frac{e}{b_v} \quad \Gamma_3 = \frac{e}{\min(b, b')}$$

Clase A

- Si $\Gamma_1 = 0$; $\Gamma_2 = 0$; $\Gamma_3 = 0$
- A un nudo interior llegan cuatro vigas.
- Se observa en el plano estructural que el nudo fue diseñado, o viendo el nudo se presume que fue bien diseñado.

Clase B

- $\Gamma_1 \leq 0.1$ $\Gamma_2 \leq 0.1$ $\Gamma_3 \leq 0.1$
- A un nudo interior solo llegan tres vigas.
- Se presume que el nudo no fue diseñado.

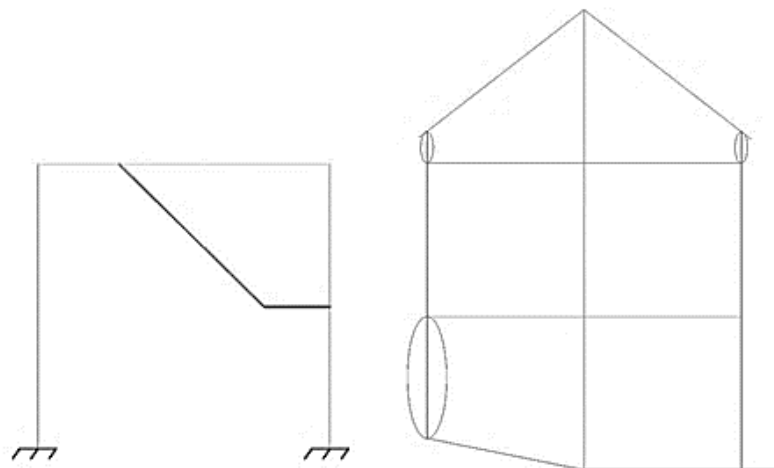
Clase C

- $\Gamma_1 \geq 0.1$ $\Gamma_2 \geq 0.1$ $\Gamma_3 \geq 0.1$
- A un nudo interior solo llegan dos vigas.
- Hay indicios de que los nudos no fueron diseñados.

Elementos de baja ductilidad.

Si se tiene Columna o Viga corta, la estructura es muy vulnerable. Se considera columna corta cuando $h \leq 0.25 H$; siendo h la altura del elemento corto y H la altura del entrepiso. (Aguiar, 2018)

En la figura 15, se presenta algunos casos de columnas cortas.

Figura 15*Estructuras con elementos cortos*

Nota. Estructuras con elementos cortos. Recuperado de: (Aguilar, 2018).

Clase A

- No se tiene el caso de columna corta.
- No se tiene el caso de viga corta.
- Todo hace presumir que se construyó siguiendo lo prescrito por el código ACI 318 para zonas sísmicas, de tal manera que la estructura tiene ductilidad.

Clase B

- Se tiene un caso de columna corta pero no es tan crítico ya que:

$$0.25 H < h \leq 0.5 H$$

- Donde h es la longitud de la columna corta y H es la altura total de la columna.
- Se tiene algo de viga corta pero no es tan crítico ya que:

$$4 h_v < L_v \leq 6 h_v$$

Donde h_v es la altura de la viga, que se presume es viga corta; L_v es la luz libre de la viga corta

- Parece ser que no se siguió al pie de la letra todo lo estipulado por el ACI 318 para zonas sísmicas.

Clase C

- Se tiene la falla denominada columna corta

$$h \leq 0.25 H$$

- Se tiene la falla denominada viga corta

$$L_v \leq 4 h_v$$

- Hay indicios que llevan a pensar que no se siguió el ACI 318 para zonas sísmicas o que se lo cumplió muy poco.

Dentro de este parámetro el Autor recomienda que se debe ser muy riguroso, en la evaluación del índice de vulnerabilidad. Es suficiente que la estructura presente una de las fallas mencionadas anteriormente para clasificarlas como clase C. (Aguiar, 2018)

Elementos no estructurales.

En este apartado se deben verificar que elementos no estructurales posee la edificación y que impacto tendría sobre la integridad de las personas en el caso de un eventual sismo.

Clase A

Estructura no presenta elementos no estructurales que pueden caerse, como:

- Paredes recubiertas con piedra.
- Placas de gran dimensión que han sido colocadas en las paredes.
- Estructuras de acero de gran tamaño colocadas en la cubierta para recibir señales satelitales.

- Antepechos en losa de cubierta que no están confinados.
- Cornisas que pueden caerse durante un sismo.
- Cielos rasos Falsos.
- Chimeneas en que se sospecha que no tiene elementos de anclaje.
- Equipo contra incendios que han sido colocados dentro de una pared.
- Repisas con materiales (libros) que pueden voltearse.
- Paredes que se ven que están sueltas.
- Aire acondicionado apoyados en una pared.

Clase B

Presenta alguno u otro elemento de los indicados en Clase A, pero su caída se estima que no va a afectar mayormente a la estructura; se piensa que no va a causar heridas a alguna persona peor la muerte. En edificios que tienen cielos rasos, se debe verificar si las tuberías están bien conectadas o probablemente pueden caerse (Aguiar, 2018).

Clase C

Estructura que tiene elementos, los cuales al desprenderse durante un sismo severo pueden ocasionar heridas o muerte a la gente. (Aguiar, 2018)

Estado de conservación.

Si al ingresar a una edificación se encuentra con manchas de humedad en las paredes, que son consecuencia de la fuga de agua por una tubería rota, es evidente que no hay mantenimiento en esa construcción y es muy vulnerable. La fuga de agua por las tuberías puede llegar a crear vacíos en el suelo y provocar hundimientos del suelo o formar una gran cavidad en el suelo con el correspondiente colapso de la estructura (Aguiar, 2018).

Clase A

- Es una construcción que está muy bien pintada.
- No se observa manchas de humedad, en las paredes o cielo raso.
- No existen fugas de agua o acumulación de agua en las losas por sumideros tapados.
- Ningún vidrio está roto.
- Todas las puertas se cierran correctamente.

Clase B

Cuando no cumple con los parámetros de la clase A, pero se estima que debería tener un mantenimiento menor.

Clase C

Estructura muy descuidada, sin mantenimiento.

Estructura ha sido reforzada luego de un sismo.

En la ciudad de Manta, luego del terremoto de 2016, muy pocas estructuras han sido reforzadas; en la mayor parte de ellas todo lo que se hizo fue reparar los daños, con los mismos materiales y en algunos casos con los mismos defectos constructivos. Si una estructura sufrió un daño considerable en mampostería, durante un sismo, es muy probable que la estructura tenga fisuras que no se las ve o si se las ve se piensa que no son importantes ya que aparecen como que se habría rayado con un lápiz muy fino, es decir se las ve con bastante detenimiento (Aguiar, 2018).

Clase A

- Estructura nueva que no ha sido afectada por sismo.

- Estructura que fue afectada por un terremoto pero que ha sido reparada y reforzada.
- No se observa ninguna fisura en las paredes y en la estructura.

Clase B

- Estructura que tiene pequeñas fisuras a nivel de mampostería.
- No existe ninguna fisura a nivel de elementos estructurales.
- Estructura que tuvo gran daño en mampostería y leve en la estructura, pero no ha sido reforzada, pero se ha reparado con materiales menos pesados y más sísmos resistentes.

Clase C

- Estructuras en las que se observan fisuras en elementos estructurales y no estructurales.
- Fueron afectadas por terremotos pasados, pero no han sido reforzadas. Todo lo que hicieron fue reparar los daños en mampostería y pintarlos de tal manera que lucen muy bien.

De acuerdo a la Tabla 3, el valor máximo del índice de Vulnerabilidad es 143. En base a este valor máximo se recomienda lo siguiente:

- **Estructura Segura**

Si el Índice de Vulnerabilidad $I_v \leq 30$

- **Estructura muy Vulnerable**

Si el Índice de Vulnerabilidad $I_v \geq 80$

- **Necesidad de otros estudios**

Según (Aguar, 2018), si el Índice de Vulnerabilidad se encuentra entre los valores de $30 < I_v < 80$, no se puede afirmar que la estructura sea

segura o vulnerable, en estos casos se tiene la necesidad de continuar realizando otros estudios. Uno de ellos sería el encontrar la relación entre la altura total del edificio H con el período de vibración de la estructura T . Otra alternativa que se tiene dentro de los métodos rápidos, sería usar un sistema equivalente de un grado de libertad, como lo recomienda el ASCE 16 y en ese modelo realizar el análisis sísmico.

Criterios de vulnerabilidad frente a tsunami en base a la FEMA

La supervivencia de las edificaciones depende de dos parámetros, el tipo de construcción y la profundidad de inundación como lo han demostrado las observaciones de eventos históricos de tsunamis. Hay varios indicios de que sistemas estructurales diseñados apropiadamente pueden sobrevivir a la inundación del tsunami, aun cuando no ha sido diseñados para resistir los efectos de la carga de este fenómeno. Con lo que se menciona anteriormente es posible considerar a este tipo de edificios como un refugio en caso de realizar una evacuación vertical, especialmente en los casos que no sea posible que la evacuación de los pobladores se dé hacia un terreno elevado o estructuras nuevas consideradas como refugios (FEMA, 2019).

Ciertos parámetros presentados se encuentran tanto en la metodología italiana como en la Normativa FEMA para edificaciones tsunami resistentes, no obstante, algunos parámetros importantes no se toman en consideración. La ponderación asignada fue propuesta por los autores, a continuación, se presentan otros parámetros importantes con los cuales se debe evaluar los edificios (Cañamar et al., 2021).

Atributos de las estructuras resistentes a los tsunamis

Según (FEMA, 2019), los atributos de un sistema estructural tienen un impacto significativo en la capacidad de una estructura para resistir tsunamis, terremotos y cargas de viento anticipadas. En regiones de alta sismicidad. El sistema de

resistencia a la fuerza lateral en edificios típicos de hormigón armado o acero estructural de mediana a gran altura a menudo será adecuado para las cargas de tsunami. Los atributos estructurales de los edificios que han demostrado un buen desempeño en tsunamis pasados incluyen:

- Sistemas fuertes con capacidad de reserva para resistir fuerzas extremas
- Sistemas abiertos que permiten que el agua fluya con mínima resistencia
- Sistemas dúctiles que resisten fuerzas extremas sin fallar
- Sistemas redundantes que pueden experimentar fallas parciales sin colapso desproporcionado

Parámetros tomados y adaptados en base a la FEMA

Orientación al edificio.

La orientación puede afectar en las magnitudes de las fuerzas del tsunami. Los edificios rectangulares con la dirección larga orientada paralela a la dirección del flujo experimentarán fuerzas hidrodinámicas más pequeñas que los edificios orientados con la dirección larga perpendicular a la dirección del flujo. Siempre que sea posible, los edificios existentes deben seleccionarse con orientaciones que minimicen los efectos potenciales de la carga de tsunamis (FEMA, 2019).

Tabla 4*Orientación del edificio*

Parámetro	Clase	Valor	Ponderación
Orientación de Edificio	Clase A: Edificios rectangulares con la dirección larga orientada paralela al flujo	0	1.2
	Clase B: Edificios rectangulares con la relación largo/ancho menor a 1.50 y con la dirección larga orientada perpendicular al flujo	6	
	Clase C: Edificios rectangulares con la relación largo /ancho mayor a 1.5 y con la dirección larga orientada perpendicular al flujo	12	

Nota. Se muestra la ponderación, clase y valor del parámetro de Orientación del Edificio de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Acceso.

En este parámetro se evalúa las características de los accesos teniendo en cuenta también el número de personas que pueden ingresar al momento de una evacuación.

Es posible que sea necesario mejorar el acceso y la circulación vertical mediante la instalación de nuevas entradas, rampas y escaleras. Los corredores de acceso deben mantenerse libres de escombros después de un terremoto que podría preceder a un tsunami generado cerca de la fuente, por lo que es necesario prestar atención a los refuerzos y anclajes de componentes no estructurales (FEMA, 2019).

Tabla 5*Entradas*

Parámetro	Clase	Valor	Ponderación
Accesos Entrada	Clase A: Entrada con dimensiones suficientes (5 o más personas a la vez), de acceso y puesta en funcionamiento inmediato (acceso libre) para toda la población y sobre el nivel del terreno	0	1.2
	Clase B: Una sola entrada con las dimensiones suficientes (3 y 4 personas a la vez), con dificultad de acceso y puesta en funcionamiento rápido (acceso con portería) para la población y sobre el nivel del terreno	6	
	Clase C: Una sola entrada con dimensiones insuficientes (2 o menos personas a la vez), con dificultad de acceso y puesta en funcionamiento lento (acceso con tarjeta o restringido) para la población y bajo el nivel del terreno	12	

Nota. Se muestra la ponderación, clase y valor del parámetro de Accesos - Entradas de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Tabla 6*Escaleras*

Parámetro	Clase	Valor	Ponderación
Accesos Escaleras	Clase A: Escalera suplementaria exterior con dimensiones suficientes (5 o más personas a la vez) para la evacuación vertical, además, Escalera interior con continuidad vertical con dimensiones suficientes para la evacuación vertical.	0	
	Clase B: Escalera interior con continuidad vertical con dimensiones suficientes (3 y 4 personas a la vez) para la evacuación vertical.	6	1.2
	Clase C: Escalera interior sin continuidad vertical con las dimensiones insuficientes (2 o menos personas a la vez) para la evacuación vertical.	12	

Nota. Se muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Accesos - Escaleras de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Ubicación del edificio.

La ubicación del edificio puede provocar la exposición a diferentes peligros potenciales del sitio, como depósitos de combustible, patios de almacenamiento de contenedores de envío, puertos para botes y edificios adyacentes que posiblemente podrían colapsar. Siempre que sea posible, los edificios existentes deben seleccionarse en ubicaciones que minimicen el potencial de peligros en el

sitio que podrían comprometer el acceso o la supervivencia de una estructura de refugio. (FEMA, 2019)

Tabla 7

Puntos peligrosos

Parámetro	Clase	Valor(A)	Ponderación(B)
Ubicación del Edificio Puntos Peligrosos	Clase A: Estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos a una distancia mayor a 200 metros de la estructura a evaluar	0	
	Clase B: Estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos a una distancia entre 50 y 200 metros de la estructura a evaluar	6	0.5
	Clase C: Estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos a una distancia menor a 50 metros de la estructura a evaluar.	12	

Nota. Se muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Ubicación del Edificio–Puntos Peligrosos de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Tabla 8*Calles y avenidas*

Parámetro	Clase	Valor(A)	Ponderación(B)
Ubicación del Edificio Calles y Avenidas	Clase A: Calles y avenidas restringidas a circulación peatonal o con poca circulación vehicular sin espacios destinados para parqueaderos.	0	
	Clase B: Calles y avenidas con baja circulación vehicular con espacios destinados para parqueaderos.	6	0.5
	Clase C: Calles y avenidas con alta circulación vehicular con espacios destinado a parqueaderos.	12	

Nota. Se muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Ubicación del Edificio – Calles y Avenidas de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Sistema estructural.

Los marcos de hormigón armado o acero estructural resistentes a momentos y los sistemas de muros de corte de hormigón armado, diseñados para requisitos sísmicos más altos, son generalmente más adecuados para proporcionar una resistencia adecuada a los tsunamis. No se deben considerar los sistemas estructurales de vigas metálicas o de madera de marco ligero. Las estructuras de hormigón prefabricado pueden requerir un refuerzo extenso de las conexiones, a menos que estén diseñadas para simular una construcción integral (FEMA, 2019).

Este parámetro es similar al primer parámetro mencionado de la metodología italiana modificada.

Tabla 9

Sistema estructural

Parámetro	Clase	Valor(A)	Ponderación(B)
Sistema Estructural	Clase A: Los marcos resistentes a momentos de hormigón armado o acero estructural y los sistemas de muros de corte de hormigón armado, diseñados para requisitos sísmicos más altos.	0	
	Clase B: Estructuras de hormigón prefabricado que hayan sido diseñadas para simular una construcción integral.	6	1
	Clase C: Sistemas estructurales de vigas metálicas o de madera de marco ligero.	12	

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Sistema Estructural de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Sistema de cimentación.

Debido al potencial de erosión y socavación durante la inundación de un tsunami, los edificios existentes con cimientos de pilotes profundos son generalmente más adecuados para proporcionar una resistencia adecuada a los tsunamis. Deben

evitarse los edificios con zapatas poco profundas, a menos que estén cimentados sobre roca u otro material resistente a la erosión o hayan sido protegidos de otra manera contra la erosión (FEMA, 2019).

Para la evaluación de este parámetro es mejor verificar el tipo de cimentación en los planos estructurales de cada edificación.

Tabla 10

Sistemas de cimentación

Parámetro	Clase	Valor(A)	Ponderación(B)
	Clase A: Cimientos de pilotes profundos.	0	
Sistemas de Cimentación	Clase B: Losas y vigas de cimentación.	6	0.5
	Clase C: Zapatas de extensión poco profundas.	12	

Nota. Se muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Sistemas de Cimentación de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Año de construcción.

Según la (FEMA, 2019), “Los requisitos de los códigos de construcción cambian continuamente. Es más probable que los edificios más nuevos hayan sido construidos según las ediciones más recientes del código de construcción y brinden una resistencia más adecuada a los tsunamis”.

Tabla 11*Año de construcción*

Parámetro	Clase	Valor(A)	Ponderación(B)
Año de Construcción	Clase A: Edificios recientes menores a 5 años de construcción.	0	
	Clase B: Edificios medianamente antiguos entre 6 y 15 años de construcción.	6	1
	Clase C: Edificios antiguos mayores a 15 años de construcción.	12	

Nota. Se muestra ponderación, clase y valor del parámetro de año de construcción de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Altura de edificio.

Es esencial que las áreas de refugio potenciales en los edificios existentes estén sobre, o por encima, de elevaciones que satisfagan los requisitos de altura mínima para las estructuras de refugio de evacuación vertical según la ASCE / SEI 7-16. Los edificios más altos que excedan los requisitos de altura mínima proporcionarán un margen adicional de seguridad contra inundaciones por tsunamis que excedan la profundidad de inundación de diseño. Los edificios más altos también podrán acomodar a más evacuados y es más probable que tengan sistemas resistentes a la fuerza lateral más fuertes debido al aumento de los requisitos de diseño sísmico y de viento (FEMA, 2019).

Tabla 12*Altura de edificio*

Parámetro	Clase	Valor(A)	Ponderación(B)
Altura de edificio	Clase A: Edificio con una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso.	0	
	Clase B: Edificio con una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación.	11	1,5
	Clase C: Edificios con una elevación superior a la altura máxima de inundación, pero inferior al 30% adicional.	22	

Nota. Se muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Altura del edificio de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

Sistema de suelo.

Los sistemas de planta baja y piso elevado experimentarán efectos de flotabilidad y elevación. En la planta baja, los efectos de flotabilidad pueden aliviarse si la losa de la planta baja es una losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos y columnas de nivel. Los sistemas de piso elevado con vigas y losas pretensados o losa de concreto sobre plataforma de metal serán particularmente susceptibles a daños debido a las fuerzas de levantamiento y requerirán atención especial. Las estrategias podrían incluir reducir el potencial para el aire encerrado, que contribuye a los efectos de flotabilidad, o elimina las restricciones al flujo de agua alrededor de los niveles del piso (FEMA, 2019).

Tabla 13*Sistema de suelo*

Parámetro	Clase	Valor(A)	Ponderación(B)
	Clase A: Losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos y columnas de nivel	0	
Sistema de Clase B: Sistemas de piso elevado con suelo	vigas y losas pretensados o losa de concreto sobre plataforma de metal	6	1
	Clase C: Sistemas de planta baja y piso elevado	12	

Nota. Se muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Sistemas de suelo de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (Cañamar et al., 2021).

La vulnerabilidad de la estructura estará evaluada por el mismo criterio que para el de la metodología italiana con la fórmula:

$$IVT = \sum_{i=1}^{ii} A_i * B_i$$

Dependiendo de los resultados obtenidos, la estructura se clasificará de la siguiente manera:

- **Estructura Segura**

Si el Índice de Vulnerabilidad $I_v \leq 30$

- **Estructura muy Vulnerable**

Si el Índice de Vulnerabilidad $I_v \geq 80$

- **Necesidad de otros estudios**

Según (Aguar, 2018), si el Índice de Vulnerabilidad se encuentra entre los valores de $30 < I_v < 80$, no se puede afirmar que la estructura sea segura o vulnerable, necesitando de otros estudios.

Capítulo III

Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Manta

Cálculos numéricos de los impactos del tsunami en Manta y alrededores

Gran parte de la infraestructura de la ciudad presenta deficiencias constructivas que convierten a Manta en una localidad vulnerable frente a una amenaza natural de carácter sísmico.

Con base en lo mencionado sobre terremotos y tsunamis en la costa ecuatoriana, se determinó el impacto potencial que tendrían los tres escenarios de tsunami en el área circundante de Manta. Los tsunamis, que tienen un impacto enorme en la tierra, pueden alcanzar, como en el caso del tsunami de Japón en 2011, un efecto de inundación que puede alcanzar hasta 4 km de distancia, cubriendo el 90 por ciento de tales inundaciones en distancias inferiores a 2,5 km (Abe et al., 2012). Estos datos se han determinado mediante el uso de transectos para medir los escombros y otros depósitos de tsunamis y, una vez que los transectos se asentaron, agregaron topografía (elevación) utilizando instrumentos GPS RTK. Pudieron medir la extensión de los depósitos de tsunamis y la distancia de la inundación en el campo (Abe et al., 2012).

Se usó un modelo matemático para predecir la extensión de los depósitos del tsunami y la distancia de la inundación. Se inició con la magnitud potencial de terremoto/tsunami en la escala de Richter que podría afectar en la costa de Manta con base en datos históricos (Earthquake Track, 2016). Se utilizó una magnitud de 5 o más en el modelo debido a que estos valores representan el registro más extremo y peligroso. Utilizando el valor de magnitud como único valor probabilístico y estableciendo una curva de frecuencia, se obtuvo una ecuación logarítmica para determinar cada período de retorno de la siguiente manera:

$$M = 5 + 0.65 * \ln T$$

Dónde

M: magnitud de la escala de Richter

T: período de retorno medido en años

Además, y debido a que la zona es una alternativa turística y tiene un potencial alto aumento poblacional, se consideró tres periodos de retorno diferentes, siendo 75, 100 y 220 años como retorno como los más adecuados para el modelo. Con base en estas consideraciones y aplicando la ecuación mencionada anteriormente, estos corresponderían a terremotos con magnitudes de 7,5, 8,0 y 8,5 M. Con el apoyo de análisis de terremotos históricos, por ejemplo, el terremoto de Japón de 2011 generó una ola de 40,5 m de altura (Mori et al., 2011; Saito et al., 2011; USGS, 2016), y teniendo en cuenta los datos de altura y aceleración de olas presentados por (Kryukov & Butenko, 2013) en estudios realizados por (Vorobev et al., 2006) de todos los tsunamis generados por terremotos desde el 21 de julio de 365 a.C. hasta el 26 de diciembre de 2004, estos autores presentan una lista de las alturas de las olas de tsunami generadas desde el año de 1991 en el Océano Pacífico. Estos datos y los presentados actualmente permiten obtener una ecuación empírica para determinar la altura de la ola en función de la magnitud de cualquier terremoto.

La ecuación obtenida es la siguiente:

$$h_0 = 3.75 * 10^{-6} * e^{1.8M}$$

Donde

h₀: altura de ola expresada en m.

Por lo tanto, para un terremoto potencial de 8.5 M, la altura de la ola sería h₀ = 16.54 m. Sin embargo, técnica e históricamente es más probable que ocurra un terremoto de 7.5 M en esta área y para ese tipo de terremoto aplicando la ecuación anterior, la altura

de una ola sería $h_0 = 2,74$ m. Esta sería la altura de las olas que se generaría en el mar y la disipación puede ser insignificante cuando la profundidad supere los 10 metros. (Levin & Nosov, 2009).

Según por (Kryukov & Butenko, 2013) cuando la ola se encuentra con la plataforma continental, la ola rompe con una altura igual a:

$$hr = 1.5h_0$$

Por lo tanto, las alturas de rompimiento de las olas para magnitudes 7.5, 8.0, 8.5 y 8.8, respectivamente, son 4.14, 14.96, 25 y 43 metros. Con base en las consideraciones determinadas del área de cobertura de futuros tsunamis potenciales, se ha evaluado este y otros peligros naturales colaterales en el área circundante de Manta. Esta evaluación puede servir para elegir responsablemente el área de reasentamiento más adecuada en caso de una decisión política hacia la reubicación del público que vive en Manta.

Figura 16

Escenario de la ciudad de Manta ante una magnitud 7.5



Figura 17

Escenario de la ciudad de Manta ante una magnitud 8

**Figura 18**

Escenario de la ciudad de Manta ante una magnitud 8.5

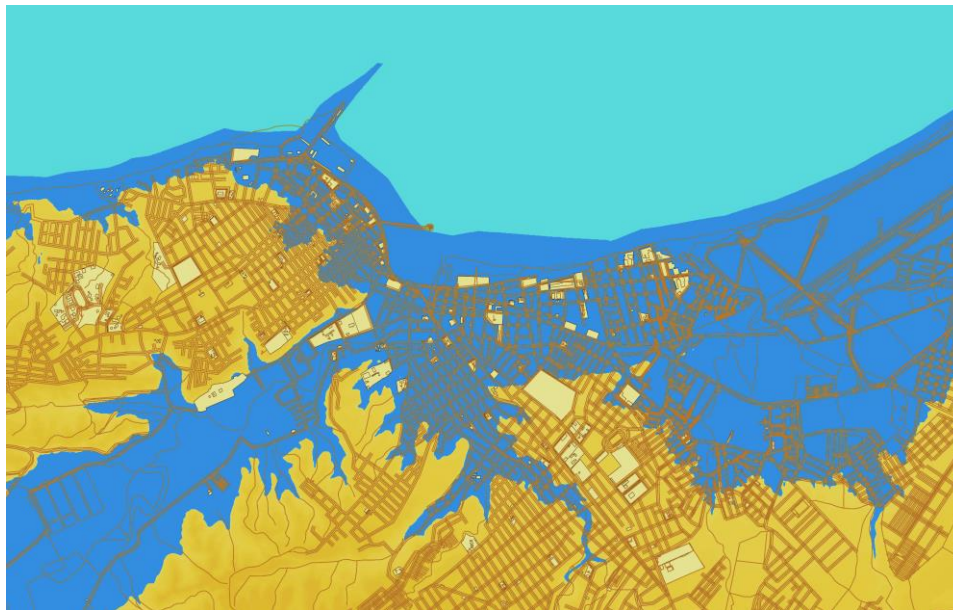


Figura 19

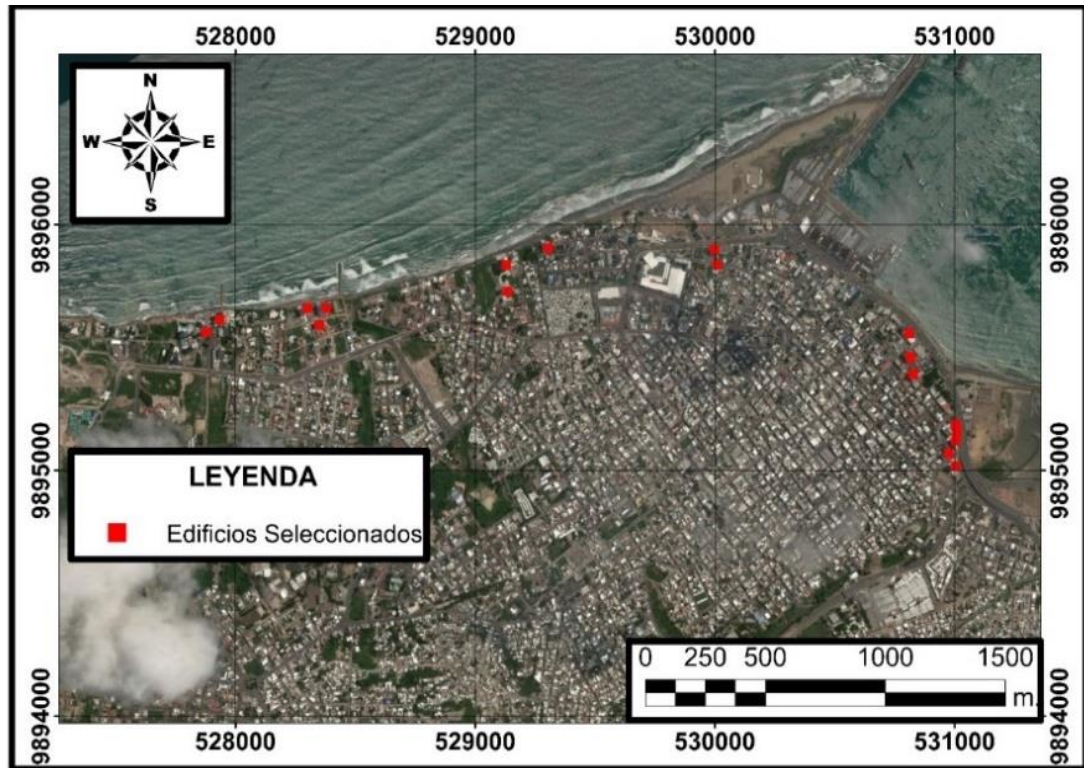
Escenario de la ciudad de Manta ante una magnitud 8.8

***Evaluación de edificios***

En este capítulo detallaremos las evaluaciones de 18 edificios preseleccionados con anterioridad, teniendo en cuenta la altura de cada edificación y la altura al nivel del suelo en la que se encuentran. El análisis se realizó en base a la metodología italiana modificada y los parámetros escogidos de la FEMA.

Figura 20

Mapa de Ubicación de los edificios evaluados



Edificio Corporación Nacional de Electricidad CNEL

Se encuentra entre la Av. Malecón y Calle 6A, es un edificio de hormigón armado de 10 pisos, con una altura aproximada de 40 metros. Cuenta con un área de terreno de 1400 m², luego del terremoto del 16 de abril del 2016 esta estructura fue reforzada en 2017.

Figura 21

Edificio Corporación Nacional de Electricidad CNEI

**Tabla 14**

Calificación vulnerabilidad sísmica edificio Corporación Nacional de Electricidad CNEI

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente	0			0
2 Calidad del Sistema Resistente	3			1.5
3 Resistencia Convencional	0			0
4 Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5 Losas	0			0
6 Configuración en Planta	2			2
7 Configuración en Elevación	4			4
8 Conexión de elementos Críticos	0			0
9 Elementos de baja ductilidad		6		6
10 Elementos no Estructurales			10	2.5
11 Estado de Conservación	2			2
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	8			8
	Sumatoria			28

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 15

*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Corporación Nacional de Electricidad
CNEL*

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Orientación del Edificio	3			3.6
2	Accesos. Entrada	0			0
3	Accesos. Escaleras			12	14.4
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas			12	6
6	Sistema Estructural	0			0
7	Sistema de Cimentación		6		3
8	Año de Construcción	0			0
9	Altura del Edificio	0			0
10	Sistemas de Suelo		8		8
			Sumatoria		35

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Esta estructura presenta muros de corte, columnas gruesas y vigas descolgadas, además la colocación de gypsum en lugar de paredes de bloque ayuda a reducir el peso de la estructura, ayudándolos a tener un mejor comportamiento sísmico.

No se observaron zonas de hormiguero, los aceros utilizados son varillas corrugadas, aparentemente se ve un hormigón de muy buena calidad.

En cuanto a la resistencia convencional se calculó que la relación H/T es mayor a 30, ubicándolo en una clase A. Esta edificación se halla en un suelo tipo E, lo cual nos indica que es un muy mal suelo.

Presenta una losa alivianada bidireccional, que se encuentra sobre vigas descolgadas y cuya área de abertura es menor al 30% del área de la planta, no se observaron pisos intermedios a un lado de la construcción, según la información proporcionada se conoce que la loseta de compresión tiene una altura mayor a 10 cm.

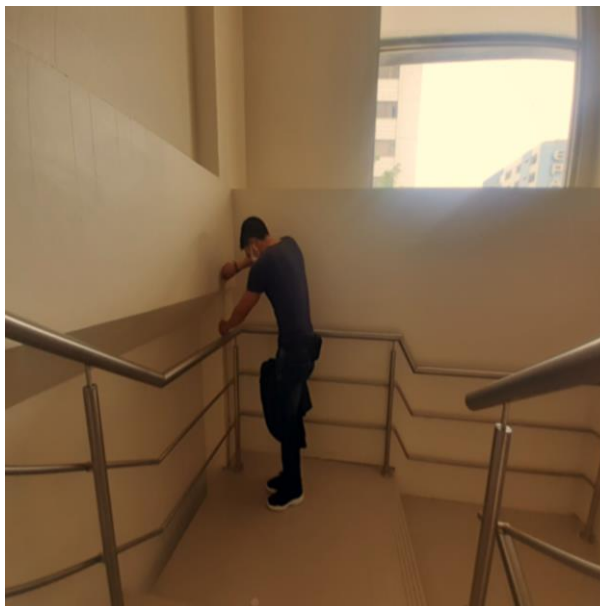
A pesar de ser una construcción esquinera, no presenta problema de edificio abierto, y se observó unas pequeñas protuberancias o volados.

Esta estructura es irregular en elevación, no se halla adosada a edificaciones vecinas y se puede apreciar que la rigidez de los pisos inferiores es mayor a los superiores por lo que no presenta problemas de piso blando.

Con respecto a la conexión de elementos críticos, a los nudos interiores le llegan 4 vigas centradas al eje de la columna, por tal motivo se presume que los nudos fueron bien diseñados, de la misma manera se pudo observar la presencia de una viga y una columna corta, en el caso de la columna corta no es un caso tan crítico ya que cumple la condición de que $0.25 H < h \leq 0.5 H$.

Figura 22

Columna corta

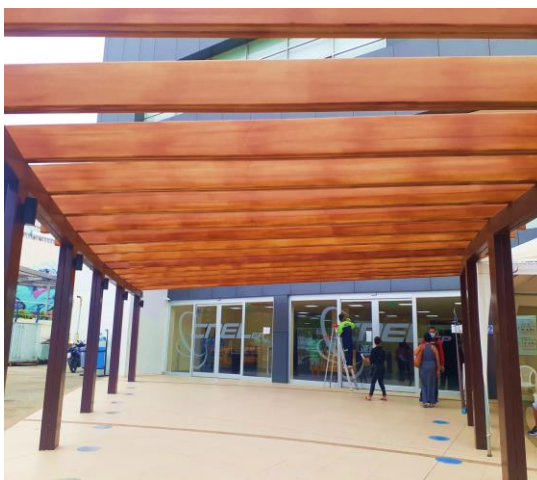


Se evidenció la presencia de elementos no estructurales que pueden caerse, como aire acondicionado, baldosas despegadas, sistemas contra incendios y el cielo falso, pero lo más preocupante es la presencia de una pérgola que se encuentra en la

entrada de esta edificación, este elemento no estructural presenta un peligro para las personas en caso de un posible tsunami ya que al caerse puede causar heridas graves u ocasionarles la muerte.

Figura 23

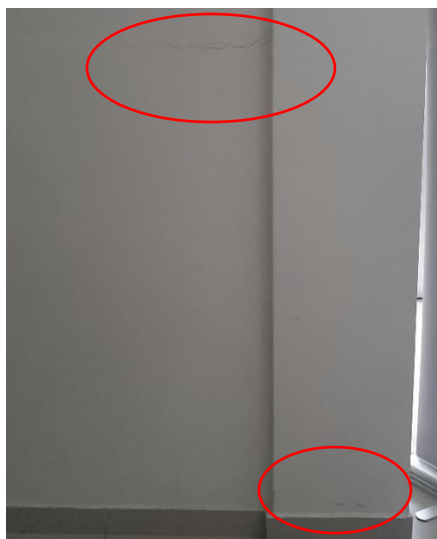
Entrada al edificio CNEL



Además, se observó fisuras en las paredes de la edificación y se pudo notar que la baldosa de las escaleras interiores no se encontraba debidamente adherida.

Figura 24

Fisuras en la pared



Luego del terremoto del 16 abril del 2016, esta estructura fue reforzada, se pudo conocer que la mampostería sufrió daño, pero fue reemplazada por materiales menos pesados y más sismorresistentes en este caso se usó gypsum, que tiene un mejor comportamiento sísmico.

La orientación de los tres primeros pisos de este edificio es perpendicular al flujo, sin embargo, en los pisos más altos la orientación cambia a paralelo es por este motivo que baja su calificación en este parámetro.

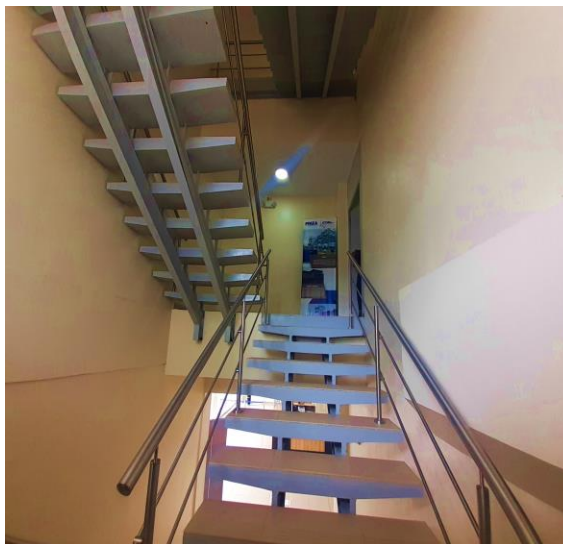
Este edificio cuenta con dos puertas de vidrio, una para entrada y otra para la salida de las personas, en el caso de que se produjera un tsunami ambas puertas podrían servir como entrada para las personas, ya que al habilitar estos dos accesos podrían ingresar 5 o más personas a la vez, y no se formaría el denominado cuello de botella.

Figura 25

Entrada al edificio



No cuenta con escaleras exteriores, las escaleras interiores que se observaron en el edificio, eran metálicas y tienen continuidad vertical, pero únicamente permitían el acceso de dos personas a la vez.

Figura 26*Escalera interior*

No se observó la presencia de depósitos de combustibles o patios de contenedores, el puerto se encontraba a una distancia superior a los 200 metros de la ubicación de esta edificación, sin embargo la avenida que se ubica frente al edificio es de muy alta circulación vehicular y peatonal, además de que cuenta con un lugar destinado para parqueaderos, lo que puede provocar que en el momento de tsunami los vehículos sean arrastrados y golpeen la estructura haciéndola vulnerable en este aspecto y que puede entorpecer la adecuada evacuación de las personas hacia este edificio.

Como se mencionó al inicio esta estructura al ser reforzada, se le implementó un sistema de muros de corte de hormigón armado, diseñados para requisitos sísmicos más altos, estos muros vienen desde la cimentación del edificio, con un espesor adecuado.

Se desconoce el sistema de cimentación que se utilizó, sin embargo, conociendo el tipo de suelo en que este fue construido, y no habiendo sufrido mayores daños en sus componentes estructurales, se presume que se cimentó con losas o vigas de cimentación.

Este edificio fue construido hace más de 15 años, sin embargo, esta estructura fue reforzada y reparada, la altura del edificio supera el 130% de la altura máxima de la ola más la altura de un piso, al contar con 3 subsuelos existe la posibilidad que el agua ingrese y provoque que las losas experimenten efectos de flotabilidad y elevación.

Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM)

El Edificio Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM) fue construido en el año 1974, se encuentra ubicada en la Avenida 4ta entre Calle 8 y Calle 6-A. Consta de 1 subsuelo y 8 pisos altos, con un área de construcción de 557.05 m². La altura total de la edificación es de 22.4 m desde el nivel del terreno.

Figura 27

Edificio Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM)



Tabla 16

Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM)

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente			12	12
2 Calidad del Sistema Resistente		6		3
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5 Losas			6	6
6 Configuración en Planta		6		6
7 Configuración en Elevación		11		11
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad		6		6
10 Elementos no Estructurales	0			0
11 Estado de Conservación			20	20
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	5			5
			Sumatoria	84.25

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 17

Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Empresa Pública Aguas de Manta

(EPAM)

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Orientación del Edificio			12	14.4
2 Accesos. Entrada		6		7.2
3 Accesos. Escaleras			12	14.4
4 Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5 Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas			12	6
6 Sistema Estructural		6		6
7 Sistema de Cimentación	0			0
8 Año de Construcción			12	12
9 Altura del Edificio		11		16.5
10 Sistemas de Suelo			12	12
			Sumatoria	88.5

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de

la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Con respecto a la organización del sistema resistente la estructura cuenta con muros de corte, columnas gruesas, que varían sus secciones en los diferentes niveles, y presentan vigas banda. En relación a la calidad del sistema resistente se pudo conocer que mediante pruebas de esclerómetro se obtuvo una resistencia del hormigón superior a los 24 MPa, sin embargo, se tiene la sospecha de que los hierros en las columnas del subsuelo se encuentran con problemas de oxidación. En el sistema convencional la relación H/T se obtuvo un valor de 25, lo que clasificó a la estructura en una clase B.

Se encuentra ubicado en un perfil de suelo tipo "F", cuenta con losa semirígida de 40 cm de espesor con vigas banda, la relación del lado mayor/menor es mayor a 2, razón por la cual se la clasifica como tipo C.

Su configuración en planta es irregular y se tiene la sospecha que tiene problemas de edificio abierto, además de que es una estructura irregular en elevación por la presencia de un pointer.

Se presume que los nudos no fueron diseñados, y se observó la presencia de vigas en forma diagonal. Se notó la presencia de columna corta en la estructura, lo cual provoca que su ductilidad disminuya, tal parece que no se siguió lo establecido en el ACI 318 para zonas sísmicas.

Debido a que la estructura se encuentra en un proceso de reforzamiento no existe la presencia de elementos no estructurales que puedan ocasionar algún daño a las personas durante la evacuación, de la misma manera su estado de conservación es pésimo. Vale la pena mencionar que se está instalando disipadores de energía en forma de "X" en los vanos exteriores de la edificación.

El lado de mayor dimensión del edificio es perpendicular al flujo, cuenta con una entrada con dimensiones suficientes para 3 o 4 personas a la vez y escaleras interiores de dimensiones insuficientes, permitiendo máximo el ingreso 2 personas.

No se encuentra cerca de estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos. Sin embargo, se ubica frente a una avenida con alta circulación vehicular y con espacios destinados a parqueaderos.

Su sistema estructural está formado por muros de corte, columnas y vigas descolgadas, y su cimentación cuenta con pilotes profundos. Es un edificio con una antigüedad mayor a los 15 años de construcción, con 22.4 m de altura y se la puede clasificar como clase "A" ya que sobrepasa el 30% adicional de la altura máxima de la ola más una altura de piso adicional, en lo que se refiere a sistema de suelo se le clasificó como clase "C", ya que cuenta con un sistema de planta baja.

Edificio Sin Nombre 1

Se desconoce el nombre de esta edificación actualmente se encuentra abandonado, con un área aproximada de 360 m² y consta de 7 pisos con una altura de entrepiso de 2.50 m. Se encuentra ubicado en la ciudad de Manta entre la Av. Malecón y Calle 6A. Se pudo conocer que la estructura fue construida en el año 1980.

Figura 28

Edificio Sin Nombre 1



Tabla 18*Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Sin Nombre 1*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente			12	12
2 Calidad del Sistema Resistente			12	6
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas			6	6
6 Configuración en Planta			12	12
7 Configuración en Elevación		11		11
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad			12	12
10 Elementos no Estructurales			10	2.5
11 Estado de Conservación			20	20
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo			22	22
			Sumatoria	117.75

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 19*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Sin Nombre 1*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Orientación del Edificio	0			0
2 Accesos. Entrada			12	14.4
3 Accesos. Escaleras			12	14.4
4 Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos		6		3
5 Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas			12	6
6 Sistema Estructural			12	12
7 Sistema de Cimentación			12	6
8 Año de Construcción			12	12
9 Altura del Edificio			12	18
10 Sistemas de Suelo	0			0
			Sumatoria	85.8

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de

la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Presenta vigas banda, columnas de 40x50 cm y una losa de 30 cm, lo que nos hace deducir que se trata de una estructura flexible, se pudo observar que tiene desprendimiento del hormigón en las columnas, por lo cual podría existir oxidación en las armaduras, lo que demuestra que es una construcción de baja calidad. Se observa problemas de humedad en todos sus elementos estructurales y después del terremoto del 2016 no se ha realizado ningún reforzamiento, únicamente se intentó corregir pequeñas fallas, las mismas que no han sido cubiertas en su totalidad, además se observan daños en columnas y vigas.

El edificio se encuentra en muy malas condiciones, se pudo observar que en la fachada existen indicios de mantenimiento, pero se desconoce la razón por la cual se suspendió. Además, se encuentra adosada a una edificación vecina, cuyas losas de entrepiso no se encuentran al mismo nivel, lo cual durante un evento sísmico puede provocar el choque entre la losa y la columna teniendo como consecuencia el colapso de las mismas.

Otro de los problemas que se pudo observar en esta edificación es la presencia de columna y viga corta. Al no ser una edificación esquinera no presenta problemas de edificio abierto.

Figura 29

Zona de hormigueo y desprendimiento de la mampostería en las columnas



Presenta manchas de humedad en toda su fachada exterior, la presencia de ventiladores, letreros y una pérgola de acero en la entrada a este edificio representan un peligro para la población que desee ingresar, ya que en el caso de caerse puede ocasionar heridas de gravedad e incluso la muerte. Esta estructura no ha sido reforzada.

Figura 30

Pérgola en la entrada al edificio



Figura 31

Fachada exterior presenta elementos no estructurales sin asegurar



La orientación del edificio es paralela al flujo de la ola, ubicado cerca de una gasolinera y frente a la Av. Malecón, la cual es muy transitada y en el caso de un posible tsunami la ola arrastraría los vehículos que se encuentran por este sector, haciéndolos que choquen con la estructura y provocando el colapso de la misma. También debemos mencionar que el tener muchos vehículos circulando en esta avenida representa un obstáculo durante una evacuación ya que entorpecerían el camino de las personas hacia este edificio pudiendo provocar algunos accidentes.

Tanto la entrada y la escalera interior tienen una capacidad máxima para el ingreso de 2 personas a la vez y no se observó la presencia de escaleras exteriores.

En cuanto al sistema estructural podemos decir que presenta un marco ligero, fue construido hace más de 15 años, debido a su antigüedad presenta un sistema de cimentación con zapatas, la altura del edificio no sobrepasa la altura máxima de inundación.

El tipo de suelo en el que se encuentra cimentado es de tipo “F”, lo cual quiere decir que es un pésimo suelo. Con respecto al sistema de suelo presenta una losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos y columnas.

Figura 32

Fachada exterior sin mantenimiento



Edificio Sin Nombre 2

Al igual que la anterior edificación se desconoce el nombre de la misma y se ubica entre la Av. Malecón y Calle 9. Consta de 7 pisos con una altura de entrepiso de 2.80 m, actualmente gran parte del edificio se encuentra desocupado, excepto dos locales en el primer piso, con un área aproximada de 560 m².

Figura 33*Edificio Sin Nombre 2***Tabla 20***Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Sin Nombre 2*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente			12	12
2 Calidad del Sistema Resistente			12	6
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas			6	6
6 Configuración en Planta			12	12
7 Configuración en Elevación		11		11
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad			12	12
10 Elementos no Estructurales			10	2.5
11 Estado de Conservación			20	20
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo			22	22
			Sumatoria	117.75

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguiar, 2018).

Tabla 21

Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Sin Nombre 2

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Orientación del Edificio	0			0
2	Accesos. Entrada			12	14.4
3	Accesos. Escaleras			12	14.4
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas			12	6
6	Sistema Estructural			12	12
7	Sistema de Cimentación			12	6
8	Año de Construcción			12	12
9	Altura del Edificio		11		16.5
10	Sistemas de Suelo	0			0
				Sumatoria	81.3

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

La organización del sistema estructural está compuesta por una losa plana y columnas de 30 x 50 cm lo cual nos hace pensar que nos encontramos frente a una estructura flexible, la misma que se encuentra en pésimas condiciones como se puede observar en las siguientes imágenes. Luego del terremoto del 2016 no se realizó ningún reforzamiento o adecuación, lo cual representa un riesgo muy alto para las personas que se encuentran cerca del edificio.

En las columnas se observó zonas de hormiguero y desprendimiento de hormigón, lo cual nos ayudó a conocer que las varillas se encuentran oxidadas. Lo más preocupante fue la presencia de una columna interior que tuvo falla por efectos de corte la misma que no ha sido reparada.

En cuanto al tipo de suelo en el cual se encuentra ubicado se pudo conocer que es de clase "D" con un declive menor al 15% y presenta irregularidad tanto en planta como en elevación.

Figura 34

Mampostería y columnas colapsadas

**Figura 35**

Zonas de hormiguero y humedad



Como se mencionó en el análisis del edificio anterior estas se encuentran adosadas con juntas de construcción insuficientes y como las losas de cada edificación no se encuentran al mismo nivel, en el caso de un evento sísmico existirá un golpeo en las columnas lo cual puede provocar el colapso total de ambas estructuras.

Hay indicios de que los nudos interiores no han sido previamente diseñados de la misma manera existen columnas y vigas cortas, a la vez se observó elementos estructurales y no estructurales que al menor movimiento pueden caerse y poner en peligro a las personas.

Figura 36

Fallo de la columna



La orientación del edificio es paralela al flujo de la ola, ubicado cerca de una gasolinera y frente a la Av. Malecón, la cual es muy transitada y en el caso de un posible tsunami la ola arrastraría los vehículos que se encuentran por este sector, haciéndolos que choquen con la estructura y provocando el colapso de la misma. También debemos mencionar que el tener muchos vehículos circulando en esta avenida representa un obstáculo durante una evacuación ya que entorpecerían el camino de las personas hacia este edificio pudiendo provocar algunos accidentes.

Tanto la entrada y la escalera interior tienen una capacidad máxima para el ingreso de 2 personas a la vez y no se observó la presencia de escaleras exteriores.

En cuanto al sistema estructural podemos decir que presenta un marco ligero, fue construido hace más de 15 años, debido a su antigüedad presenta un sistema de cimentación con zapatas, la altura del edificio sobrepasa la altura máxima de inundación.

El tipo de suelo en el que se encuentra cimentado es de tipo "D". Con respecto al sistema de suelo presenta una losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos y columnas.

Edificio Banco Pichincha

El edificio fue construido en el año 1982, se encuentra ubicada en la Avenida 2 y calle 11. Consta de 1 subsuelo y 13 pisos altos, con un área de construcción de 952.25 m². La altura total de la edificación es de 39.2 m desde el nivel del terreno.

Figura 37

Edificio Banco Pichincha



Tabla 22*Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Banco Pichincha*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente	0			0
2 Calidad del Sistema Resistente	0			0
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas		4		4
6 Configuración en Planta	3			3
7 Configuración en Elevación		11		11
8 Conexión de elementos Críticos	0			0
9 Elementos de baja ductilidad		6		6
10 Elementos no Estructurales	1			0.25
11 Estado de Conservación	0			0
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo		11		11
	Sumatoria			47.25

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 23*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Banco Pichincha*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Orientación del Edificio			12	14.4
2 Accesos. Entrada		6		7.2
3 Accesos. Escaleras			12	14.4
4 Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5 Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas			12	6
6 Sistema Estructural	0			0
7 Sistema de Cimentación	0			0
8 Año de Construcción			12	12
9 Altura del Edificio	0			0
10 Sistemas de Suelo			12	12
	Sumatoria			66

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Con respecto a la organización del sistema resistente la estructura cuenta con muros de corte, columnas gruesas y presentan vigas de gran peralte. En relación a la calidad del sistema resistente se pudo observar hormigón de buena calidad, no se observaron zonas de hormigueros. En el sistema convencional la relación H/T se obtuvo un valor de 25, lo que clasificó a la estructura en una clase B.

Se encuentra ubicado en un perfil de suelo tipo "D", cuenta con losa alivianada de 30 cm, la loseta de compresión debe tener una altura menor a 10 cm, razón por la cual se la clasifica como tipo B.

Su configuración en planta no tiene problemas de edificio abierto tampoco presenta protuberancias, la estructura es irregular en elevación por la presencia de un pointer.

A partir de la inspección visual, se pudo determinar que a los nudos interiores si le llegan cuatro vigas, presenta columna y viga corta lo cual provoca la disminución de la ductilidad sobre el sistema estructural. Esta estructura no presenta elementos estructurales que puedan caerse, su estado de conservación se encuentra en óptimas condiciones, después del terremoto de 2016, fue reparada a nivel de mampostería.

La relación larga/ancho es mayor a 1.5 por lo tanto el edificio es perpendicular al flujo, cuenta con una entrada con dimensiones suficientes para 3 o 4 personas a la vez y escaleras interiores de dimensiones insuficientes, permitiendo máximo el ingreso 2 personas.

Figura 38*Entrada al Edificio Banco Pichincha*

No se encuentra cerca de estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos. Sin embargo, se ubica frente a una avenida con alta circulación vehicular.

Su sistema estructural está formado por muros de corte, columnas y vigas de gran peralte, y su cimentación cuenta con pilotes profundos. Es un edificio con una antigüedad mayor a los 15 años de construcción, con 39.20 m de altura se la puede clasificar como clase "A" ya que presenta una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación, en lo que se refiere a sistema de suelo se le clasificó como clase "C", ya que cuenta con un sistema de planta baja.

Banco del Bank

Esta estructura fue construida en el año 1980, se encuentra ubicada en la Avenida Segunda, entre calle 2 y 3. Esta edificación consta de 1 subsuelo, 7 pisos altos, con un área de construcción de 1587 m². La altura total de la edificación es de 19.6 m desde el nivel del terreno y considerando el nivel del subsuelo una altura total de 22.4 metros.

Figura 39*Banco del Bank***Tabla 24***Calificación vulnerabilidad sísmica Banco del Bank*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente		6		6
2 Calidad del Sistema Resistente	0			0
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas		3		3
6 Configuración en Planta	0			0
7 Configuración en Elevación	0			0
8 Conexión de elementos Críticos	0			0
9 Elementos de baja ductilidad	0			0
10 Elementos no Estructurales		8		2
11 Estado de Conservación	0			0
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	6			6
	Sumatoria			29

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 25

Calificación vulnerabilidad ante tsunami Banco del Bank

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Orientación del Edificio	4			4.8
2 Accesos. Entrada	0			0
3 Accesos. Escaleras	0			0
4 Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5 Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas		6		3
6 Sistema Estructural		6		6
7 Sistema de Cimentación	0			0
8 Año de Construcción			12	12
9 Altura del Edificio	0			0
10 Sistemas de Suelo	4			4
	Sumatoria			29.8

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

La estructura no presenta muros de corte, cuenta con columnas que parecen ser apropiadas y vigas ligeramente de hormigón armado, es una estructura rígida con una resistencia de 24 MPa, no se observaron zonas de hormigueros.

Respecto a la resistencia convencional se calculó que la relación H/T cumple con la condición de que $15 \leq H/T \leq 30$, ubicándolo en una clase B. Este edificio se encuentra en un perfil de suelo "D" en un suelo horizontal en donde el declive es menor al 15%.

Cuenta con losa alivianada de 30 cm, la loseta de compresión debe tener una altura menor a 10 cm, razón por la cual se la clasifica como tipo B. Las aberturas de la planta son menores al 30% del área total de la planta, y no se observó la presencia de pisos intermedios alado de la construcción.

No tiene problema de edificio abierto, tampoco presenta protuberancias, se encuentra separada de edificaciones vecinas, no presenta entrantes, salientes ni pointer.

Se observaron que a los nudos interiores le llegan 4 vigas, los nudos fueron diseñados siguiendo las normativas pertinentes, no se presenta columna corta y viga corta, todo hace asumir que se construyó siguiendo lo prescrito por el código ACI 318 para zonas sísmicas.

En cuanto a elementos no estructurales existen letreros de gran dimensión que están colocados en la parte superior del edificio y que pueden caerse y provocar heridas durante un sismo, en el estado de conservación es una construcción muy bien pintada, no se observó manchas de humedad en las paredes, ningún vidrio está roto.

Luego del terremoto del 16 abril del 2016, se dio un mantenimiento en la mampostería que sufrió daño.

La orientación del lado de mayor dimensión de la edificación es paralela al flujo de la ola, la entrada permite el ingreso de 5 personas a la vez, lo cual es muy ventajoso durante una evacuación vertical, las escaleras interiores tienen una capacidad para 3 y 4 personas.

El edificio se encuentra alejado de puntos peligrosos y se encuentra cerca de calles y avenidas con baja circulación vehicular con espacios destinados para parqueaderos, en su sistema estructural consta de columnas y vigas de dimensiones que parecen ser apropiadas para simular una construcción integral. Para su sistema de cimentación se utilizó pilotes profundos.

Actualmente la edad el edificio es superior a los 15 años, la altura del edificio supera el 130% de la altura máxima de ola más una altura de piso lo cual lo ubica en una clase "A", sin embargo, en el sistema de suelo, la edificación posee 1 subsuelos.

Edificio El Vigía

Construido en el año 1973 frente a la Av. Malecón de Manta. Cuenta con un total de 16 pisos todos sobre el nivel del terreno, el primer piso tiene una altura de 3.67 m, el

segundo de 2.92 m y el resto de pisos una altura de 2.90 m dando una altura total de 47.19 m. Presenta un área de construcción de aproximadamente 1800 m² y su uso es residencial y comercial.

Figura 40

Edificio El Vigía



Tabla 26

Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio El Vigía

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente		6		6
2 Calidad del Sistema Resistente			12	6
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas			6	6
6 Configuración en Planta		6		6
7 Configuración en Elevación			22	22
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad			12	12
10 Elementos no Estructurales		4		1
11 Estado de Conservación		15		15
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo			22	22
		Sumatoria		110.25

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguir, 2018).

Tabla 27*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio El Vigía*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Orientación del Edificio			12	14.4
2	Accesos. Entrada			12	14.4
3	Accesos. Escaleras			12	14.4
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas			12	6
6	Sistema Estructural		6		6
7	Sistema de Cimentación			12	6
8	Año de Construcción			12	12
9	Altura del Edificio	0			0
10	Sistemas de Suelo		7		7
				Sumatoria	80.2

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Después de una inspección visual se observó que la estructura no presenta muros de corte, sin embargo, está formado por columnas de dimensiones adecuadas y vigas descolgadas de hormigón armado, por este motivo se escogió que en el parámetro organización del sistema resistente se le dé una valoración de “6”. En calidad del sistema resistente se escogió una valoración de “12” ya que la calidad del hormigón es baja, las juntas de construcción no están bien diseñadas y posee malos acabados.

En resistencia convencional se escogió una valoración de “17”, en vista de que la edificación ha soportado el terremoto de 1998 y del 2016, siendo únicamente reparada su mampostería manteniendo configuración estructural inicial, por lo tanto, existe la posibilidad de tener daños estructurales acumulados en esta edificación, lo cual puede ocasionar problemas en un futuro.

Figura 41*Daños en mampostería*

Con respecto a la posición del edificio y cimentación se dio una valoración de “2”, la cimentación fue realizada con plintos, no obstante, la edificación se encuentra en un perfil de suelo tipo “D” en un suelo horizontal con un declive menor al 15%.

Las losas son alivianadas con vigas descolgadas, con un espesor de 20 cm y una loseta de compresión de 5 cm. En configuración en planta se le asignó una valoración de “6” debido a que se tiene la sospecha de que presenta el problema de edificio abierto y con protuberancias menores al 10% en cada planta. En cuanto a la configuración en elevación se escogió una valoración de “22” ya que presenta piso blando.

En las conexiones de elementos críticos se asignó un valor de “3”, ya que a un nudo interior solo llegan tres vigas. En el caso de elementos de baja ductilidad al presentar el problema tanto viga como columna corta se escogió una valoración de “12”.

Figura 42*Columna corta*

En elementos no estructurales se le da una valoración de “4”, por la presencia de ventiladores que podrían caerse al momento de un sismo. Para el estado de conservación se le da una valoración de “15”, se observó algunas manchas de humedad en las paredes interiores de todos los niveles, la fachada del edificio necesita un arreglo. Se pudo conocer que no ha sido reforzado de manera estructural después del sismo de 2016.

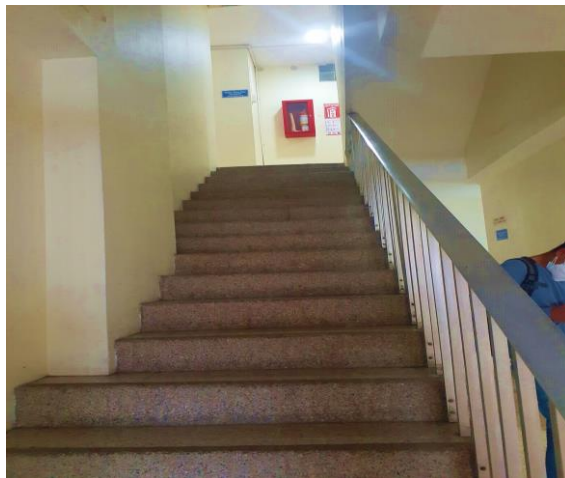
Figura 43*Mal estado del edificio*

Para la orientación del edificio se le dio una valoración de “12”, el edificio es perpendicular a la dirección del flujo.

En cuanto a los accesos se le asignó un valor de “12”, la entrada y la escalera interior, sin continuidad vertical, permite el ingreso de 2 personas como máximo, lo cual quiere decir que sus dimensiones son insuficientes.

Figura 44

Escalera interior



El edificio se encuentra a más de 200 m de algún punto peligroso, por tal motivo y al no representar peligro alguno se le da un valor de “0”, en cuanto a calles y avenidas, se le asigna un valor de “12” ya que, al ubicarse frente a la avenida del malecón, la cual es de alta circulación, ocasiona que se entorpezca y retrase la evacuación vertical de las personas hacia este edificio.

Al presentar estructuras de hormigón prefabricado diseñadas para simular una construcción integral, en el parámetro de Sistema Estructural se le asigna una valoración de “6”. En el Sistema de Cimentación se le da un valor de “12”, ya que únicamente presenta plintos. Al haber sido construido en 1973, se lo califica como un edificio antiguo y por tanto se le asigna una valoración de “12” en lo que concierne a año de construcción.

En el parámetro de Altura del edificio no hubo problema alguno en colocarle una puntuación de “0” en vista de que su altura total supera el 130% de la altura máxima de inundación más una altura de un piso (considerando 25 m en la ciudad de Manta), en el Sistema de Suelo, se le asignó un valor de “7” ya que al presentar una estructura con pointer cabe la posibilidad de que al momento de ingresar el agua, producto de un evento tipo tsunami, esta provoque que los primeros pisos de la edificación sufra efectos de flotabilidad lo cual representa un peligro para la estabilidad de la estructura.

Museo Centro Cultural Manta

Ubicado en la Av. Malecón Jaime Chávez frente al Malecón Escénico. Fue construido en el año 1962, el mismo que consta de 1 subsuelo, una planta baja y 5 pisos altos, teniendo una altura total de 24.16 m desde el nivel del terreno y considerando el nivel del subsuelo una altura total de 27.51 metros; y un área de construcción de 541.08 m².

Figura 45

Museo Centro Cultural Manta



Tabla 28

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica Museo Centro Cultural Manta

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente	0			0
2 Calidad del Sistema Resistente	0			0
3 Resistencia Convencional	0			0
4 Posición del Edificio y Cimentación	0			0
5 Losas	2			2
6 Configuración en Planta	4			4
7 Configuración en Elevación	7			7
8 Conexión de elementos Críticos	0			0
9 Elementos de baja ductilidad		10		10
10 Elementos no Estructurales		4		1
11 Estado de Conservación	0			0
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo			22	22
	Sumatoria			46

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 29

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami Museo Centro Cultural Manta

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Orientación del Edificio	0			0
2 Accesos. Entrada	3			3.6
3 Accesos. Escaleras		6		7.2
4 Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos		6		3
5 Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas			12	6
6 Sistema Estructural	0			0
7 Sistema de Cimentación		6		3
8 Año de Construcción			12	12
9 Altura del Edificio	0			0
10 Sistemas de Suelo		6		6
	Sumatoria			40.8

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de

la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

En el instante en que se realizó la inspección de esta estructura se notó la presencia de muros de corte, columnas relativamente gruesas y vigas descolgadas de hormigón armado, lo cual nos da la idea de que estamos frente a una estructura rígida con una resistencia de 24 MPa, varillas corrugadas; esta construcción denota tener un buen terminado.

La distribución simétrica de sus columnas gruesas ayuda a que la capacidad a cortante sea alta por tal motivo se tiene un buen comportamiento frente a las fuerzas cortantes que se presentan durante un evento sísmico. Se halla sobre un perfil de suelo tipo "C" con un pendiente menor al 15% por tal motivo la probabilidad de que exista caída de material sobre esta estructura es nula. Esta edificación presenta losas alivianadas de 20 cm de espesor con una loseta a compresión de 5 cm.

Esta estructura es irregular en planta y elevación, no se tiene la sospecha de que nos encontremos frente a un problema de edificio abierto, sin embargo, se pudo observar que, si se tiene problemas de piso blando, en vista que la altura del primer piso es mayor a la de los pisos superiores. Los nudos interiores no presentan mayor problema ya que efectivamente en cada nudo se tiene la unión de 4 vigas, el problema se presenta con la presencia de columna y viga corta lo cual provoca la disminución de la ductilidad sobre el sistema estructural.

Figura 46*Viga y columna corta*

Se observó la presencia de cielos falsos y tuberías, las cuales se encontraban bien conectadas. Luego de lo ocurrido con el terremoto del 2016, la estructura no fue reforzada, únicamente se reparó los daños en la mampostería y se los pintó para no dar un mal aspecto, sin embargo, se presentaron fisuras muy leves que no fueron debidamente reparadas.

La orientación del lado de mayor dimensión de la edificación es paralela al flujo de la ola, la entrada al museo permite el ingreso de 5 personas a la vez, lo cual es muy ventajoso durante una evacuación vertical, presenta escaleras exteriores en cambio las escaleras interiores tienen únicamente una capacidad para 2 personas, es decir, sus dimensiones son insuficientes.

Frente a la edificación se tiene el puerto, el mismo que se encuentra a una distancia superior a los 50 m. La Av. Malecón al ser una de las principales calles de circulación de la ciudad presenta un alto flujo vehicular, además de que la edificación se encuentra cerca al parqueadero de la playa, esto provocaría que en el instante en que la ola llegue a la playa arrastre consigo todos los vehículos que estén a su paso provocando

que los accesos al edificio se bloqueen impidiendo el ingreso de la población o en el peor de los casos el colapso de la edificación antes de usarse como un refugio provisional.

Figura 47

Entrada al museo Centro Cultural Manta



Para el sistema estructural se cuenta con marcos resistentes a momentos de hormigón armado y muros de sótano. Para su sistema de cimentación se utilizó losas de cimentación. Actualmente la edad del edificio es superior a los 15 años, no existen problemas con la altura de la estructura, la misma que es superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso (para la ciudad de Manta se considera una altura máxima de inundación de 25 m). En lo que concierne al sistema de suelo se trata de un piso elevado con vigas.

Balandra Hotel

Este hotel se encuentra ubicado en la Avenida 7 y Calle 20, cuenta con un total de 5 pisos todos sobre el nivel del terreno con una altura de aproximadamente 3 m

teniendo una altura total de la edificación de 15 m. Su área de construcción es de alrededor de 639 m² y fue construido en el año 2011.

Figura 48

Balandra Hotel



Tabla 30

Calificación vulnerabilidad sísmica Balandra Hotel

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente		8		8
2 Calidad del Sistema Resistente	0			0
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación	0			0
5 Losas			6	6
6 Configuración en Planta	4			4
7 Configuración en Elevación	0			0
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad		6		6
10 Elementos no Estructurales	0			0
11 Estado de Conservación	0			0
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	4			4
	Sumatoria			41.25

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 31*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Balandra Hotel*

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Orientación del Edificio		6		7.2
2	Accesos. Entrada	0			0
3	Accesos. Escaleras			12	14.4
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	4			2
6	Sistema Estructural		8		8
7	Sistema de Cimentación			12	6
8	Año de Construcción		6		6
9	Altura del Edificio	0			0
10	Sistemas de Suelo	0			0
				Sumatoria	43.6

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

La estructura no cuenta con muros de corte, sus columnas son de 40 x 50 cm y vigas ligeramente descolgadas de 30 x 30, por esta razón se la clasifica como clase B pero se le da una mayor valoración debido al tipo de vigas.

Se pudo conocer que el hormigón con el cual se construyó esta edificación fue de 28 MPa; al evaluar su resistencia convencional se obtuvo un valor de 27.27 con respecto a la relación H/T, por tal motivo se lo clasifíco como clase B.

Se ubica sobre un suelo rocoso, es decir es un perfil de suelo tipo "D", sin embargo, se tuvo el conocimiento por parte del arquitecto a cargo de la construcción, que este suelo fue mejorado, presenta un declive menor al 15%, por tal razón no existe la posibilidad de ocasionar la caída del material sobre la estructura.

El tipo de losa que se construyó fue de tipo alivianada, cuya altura de alivianamientos fue de 20 cm, teniendo una altura de compresión de 5 cm.

En lo que respecta a su configuración en planta se pudo observar que este edificio consta de dos bloques separados por un bloque central perteneciente a las escaleras de ingreso, no se encuentra adosado a ninguna edificación vecina y al no ser una construcción esquinera no se tiene problemas de edificio abierto. Tampoco se notó que existieran protuberancias significativas y el área de abertura para los ascensores es menor al 30% del área total de la losa.

No presenta problema de piso blando ya que las alturas de entrepiso son iguales en todos los niveles y tampoco se pudo observar la presencia de un pointer, lo cual la ubica en la clase "A".

Con respecto a los nudos interiores se pudo conocer que las vigas no están centradas en la columna.

Figura 49

Nudos internos



El edificio presenta problemas de viga y columna corta y se observó la presencia de un ascensor adicional esto se pudo conocer por parte del arquitecto encargado de la construcción que el mismo no fue construido con muros de corte.

No se observó la presencia de elementos no estructurales que puedan afectar el ingreso de los pobladores en caso de una posible evacuación hacia este edificio. El estado de conservación es bueno, no se observaron tuberías rotas que causen fugas de

agua, se encuentra bien pintado y se pudo conocer que se le da un mantenimiento constante.

Inicialmente esta estructura fue calculada estructuralmente para contar con 8 pisos, sin embargo, únicamente se construyeron 5 de ellos, lo cual la ayudo a que durante el terremoto del 2016 tuviera un buen comportamiento sísmico, es por este motivo que la estructura no ha tenido afectaciones en sus elementos estructurales y únicamente se ha reforzado la mampostería.

El lado de largo de cada bloque que pertenece a este edificio es perpendicular a la dirección del flujo de la ola con una relación de sus dimensiones menor a 1.5, la entrada principal al hotel permite el ingreso de 2 personas a la vez al igual que las escaleras interiores que tienen un ancho de 1.40 m. El edificio no se encuentra cerca de lugares peligrosos, al frente de la entrada principal se observó que algunos vehículos se estacionan para poder llegar a los lugares aledaños, las calles que rodean este edificio no son muy transitadas lo cual favorece a que la movilización de las personas hacia este sitio no se vea interrumpida por el flujo vehicular. El sistema estructural cuenta con columnas y vigas de dimensiones considerables, pero no presenta muros lo cual nos hace pensar que se trata de una construcción integral.

Figura 50*Escalera interior*

Para su cimentación se utilizó plintos aislados, en vista de que fue construido en el año 2011 se la clasifica como una construcción medianamente antigua, debido a la altura del edificio se lo clasifica como clase “A” en vista de que supera el 130% de la altura máxima de la ola más una altura de un piso. Al no contar con pisos bajo el nivel del terreno las losas que se encuentran al nivel del suelo no van a sufrir daños debido a las fuerzas de levantamiento.

Hotel el Navegante

Este edificio se encuentra ubicado en la calle M2 y calle 25, construido en el año 2010. Con un total de 14 pisos, 12 sobre el nivel del terreno y 2 subsuelos; presenta una altura de entrepiso de aproximadamente 2.80 metros y una altura total de 33.6 m. Su área de construcción es de aproximadamente 500 m².

Figura 51*Hotel el Navegante***Tabla 32***Calificación vulnerabilidad sísmica Hotel el Navegante*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente		6		6
2 Calidad del Sistema Resistente		8		4
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas		3		3
6 Configuración en Planta		6		6
7 Configuración en Elevación	5			5
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad		6		6
10 Elementos no Estructurales		4		1
11 Estado de Conservación	0			0
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo		11		11
		Sumatoria		56.25

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 33

Calificación vulnerabilidad ante tsunami Hotel el Navegante

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Orientación del Edificio	0			0
2 Accesos. Entrada	0			0
3 Accesos. Escaleras			12	14.4
4 Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5 Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	0			0
6 Sistema Estructural		6		6
7 Sistema de Cimentación			12	6
8 Año de Construcción		6		6
9 Altura del Edificio	0			0
10 Sistemas de Suelo		6		6
	Sumatoria			38.4

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

No cuenta con muros de corte, las dimensiones de sus columnas aparentemente son apropiadas y sus vigas son ligeramente descolgadas. En este edificio no se observaron zonas de hormiguero, sin embargo, con el pasar del tiempo la resistencia del hormigón con el cual se construyeron sus elementos ha ido disminuyendo, por lo mencionado anteriormente se lo ha clasificado como clase B con un aumento en su valoración.

Aplicando el criterio de la relación H/T, se clasificó a la estructura como clase “B” en vista de que el valor obtenido se encuentra en el rango de $15 \leq H/T \leq 30$ y se encuentra sobre un suelo tipo “D” con un declive menor al 15%.

Presenta una losa nervada de 25 cm de espesor con una loseta de compresión de 5 cm.

Su configuración en planta es irregular, no presenta problemas de edificio abierto ya que se encuentra alejada de estructuras aledañas y presenta protuberancias menores al 10% de la longitud en el sentido de la protuberancia.

Figura 52

Protuberancias en la planta



Al tener la misma altura de entrepiso en todos sus niveles no se presenta el problema de piso blando, sin embargo, en el último nivel se tiene la sospecha de que presenta pointer por tal motivo se le da una valoración mucho mayor.

Al ser un edificio de reciente construcción y en vista de que no presento mayor daño luego del terremoto del 2016 es probable que los nudos interiores hayan sido diseñados según lo pre escrito en el código ACI 318, debido a que no se tiene una debida certeza de esta afirmación se lo clasifica como clase “B”

La presencia de un ascensor en el edificio nos hace pensar que existe una viga corta en esta zona, la cual disminuye la ductilidad de la estructura, sin embargo, se considera que la longitud de este elemento no es muy crítica ubicándolo en una clase “B”.

En la entrada del edificio se observa una pérgola, este elemento no estructural representa un peligro para las personas en el caso de que se llegase a caer. Su estado de conservación es bueno ya que no se observaron indicios de que existiese fugas de agua o manchas de humedad en la pared. Después del terremoto del 2016 se conoce que únicamente se reforzó la mampostería del edificio.

La orientación del edificio es paralela al flujo de la ola, la entrada principal a esta edificación permite el ingreso de 5 o más personas a la vez como se puede notar en la figura 53, sin embargo, existe la restricción por ser un edificio privado, el no contar con gradas exteriores y el que las gradas interiores únicamente permitan el acceso de 2 personas provoca que se lo clasifique como clase “C”.

Figura 53

Entrada al edificio



No se encuentra cerca de puntos peligrosos, las calles y avenidas están restringidas a la circulación vehicular. Su sistema estructural no presenta muros y aparentemente sus columnas y vigas son resistentes. Se cimentó sobre zapatas aisladas, se lo clasifica como una construcción medianamente antigua, la altura total del edificio supera el 130% de la altura máxima a la que podría llegar la ola más una altura de entrepiso de la edificación, presenta un sistema de planta baja lo que lo clasifica como clase “B”.

Edificio el Dorado II

Este edificio se encuentra ubicado en la calle M2 y calle 25, construido en el año 2005. Con un total de 13 pisos, 10 sobre el nivel del terreno y 3 subsuelos; presenta una altura de entrepiso de aproximadamente 2.80 metros y una altura total de 28 m. Su área de construcción es de aproximadamente 3150 m², luego del terremoto del 2016 los planos estructurales del edificio se perdieron, aunque fue reforzado tanto en vigas como columnas.

Figura 54

Edificio el Dorado II



Tabla 34

Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio el Dorado II

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente			12	12
2 Calidad del Sistema Resistente		6		3
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas	1			1

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
6	Configuración en Planta	0			0
7	Configuración en Elevación	0			0
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad			12	12
10	Elementos no Estructurales	2			0.5
11	Estado de Conservación	5			5
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
				Sumatoria	45.5

Nota. Esta tabla muestra w_i : ponderación, K_L : clase de los parámetros de la metodología Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguiar, 2018).

Tabla 35

Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio el Dorado II

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Orientación del Edificio	0			0
2	Accesos. Entrada			12	14.4
3	Accesos. Escaleras			12	14.4
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	0			0
6	Sistema Estructural		6		6
7	Sistema de Cimentación			12	6
8	Año de Construcción			12	12
9	Altura del Edificio	0			0
10	Sistemas de Suelo			12	12
				Sumatoria	64.8

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

El sistema estructural es mixto, conformado por losas bidireccionales aligeradas con casetones para la zona del parqueadero y losas deck de aproximadamente 20 cm para los pisos superiores, vigas ligeramente descolgadas, columnas rectangulares bien robustas, no cuenta con muros de corte. No se observaron zonas de hormiguero y se pudo conocer que tanto vigas como columnas fueron debidamente reforzadas, lo que

indica que la resistencia a compresión de los elementos estructurales es mayor a 180 kg/cm².

Con respecto a la resistencia convencional se determinó que el cociente entre la altura total del edificio y el periodo de vibración del mismo cumple con la condición de que $15 \leq H/T \leq 30$, clasificándolo como clase B; se encuentra sobre un suelo tipo "D" con un declive menor al 15%.

Las losas de los subsuelos son alivianadas con casetones y para los pisos sobre el nivel del terreno se tiene losas deck con una carpeta de compresión mayor a 10 cm. En la configuración en planta se pudo observar que no existe problema de edificio abierto y tampoco posee protuberancias. Para la configuración en elevación, no se contempla la falla denominada piso blando y se encuentra separado de edificaciones aledañas.

A los nudos interiores llegan 4 vigas, en donde se puede evidenciar que fueron diseñados con anterioridad, por tanto, con la conexión de elementos críticos no se tendría problema alguno. También se pudo notar la presencia de elementos de viga y columna corta, lo cual nos hace presumir que no se construyó según lo prescrito en el código ACI 318 para zonas sísmicas lo que provoca que la estructura presente una ductilidad muy baja y a su vez sea muy vulnerable.

Figura 55

Nudo interior le llegan 4 vigas



Los elementos estructurales que puede caerse y ocasionar algún daño a las personas son los ventiladores que se encuentran en la fachada del edificio, por este motivo se clasifica a la estructura como clase “A” pero se le aumenta su calificación.

Figura 56

Ventiladores en la fachada exterior



Aparentemente la estructura se encuentra en un buen estado de conservación, salvo algunos problemas que se detectó en la zona del parqueadero en donde se evidenció que existen fisuras y manchas de humedad en las paredes, lo que ocasiona que se aumente la calificación en este parámetro. Después del terremoto del 2016 las vigas, columnas y la mampostería fueron reforzadas.

Figura 57

Presencia de humedad y fisuras en las paredes



La orientación que presenta el edificio es paralela al flujo, lo cual lo ayuda a experimentar fuerzas hidrodinámicas más pequeñas. Tanto en la entrada al edificio como en las escaleras interiores únicamente pueden pasar 2 personas a la vez, y al no contar con una escalera exterior, puede ocasionar que al momento de una evacuación vertical se forme un denominado cuello de botella en los accesos, lo cual debería evitarse.

Figura 58

Entrada al edificio el Dorado II

**Figura 59**

Escaleras internas



El edificio se encuentra alejado de puntos peligrosos y no está rodeado por calles o avenidas muy transitadas. El sistema estructural no cuenta con muros de corte, lo cual nos hace pensar que no presentará una adecuada resistencia a los tsunamis. Debido a la pérdida de planos estructurales producto del terremoto del 2016 se desconoce el

sistema de cimentación que se utilizó, además se trata de un edificio antiguo de más de 15 años de construcción.

La altura del edificio supera el 130% de la altura máxima de ola más una altura de piso lo cual lo ubica en una clase “A”, sin embargo, en el sistema de suelo, la edificación posee 3 subsuelos los cuales durante un tsunami corren el riesgo de inundarse y provocar que los sistemas de planta baja experimenten efectos de flotabilidad y elevación.

Edificio Ibiza

Construido en el año 2017, se ubica entre la calle Pedro Balda C y Calle 8. Posee 20 pisos de los cuales 3 son subterráneos, con una altura de entrepiso de 2.60 m, teniendo así una altura total de 52.20 m y un área aproximada de 648.80 m².

Figura 60

Edificio Ibiza



Tabla 36*Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Ibiza*

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Organización del Sistema Resistente	0			0
2	Calidad del Sistema Resistente	0			0
3	Resistencia Convencional		11		11
4	Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5	Losas	0			0
6	Configuración en Planta	0			0
7	Configuración en Elevación	5			5
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad		6		6
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación	0			0
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
			Sumatoria		24

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 37*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Ibiza*

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Orientación del Edificio	0			0
2	Accesos. Entrada	0			0
3	Accesos. Escaleras			12	14.4
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	0			0
6	Sistema Estructural	0			0
7	Sistema de Cimentación		6		3
8	Año de Construcción	0			0
9	Altura del Edificio	0			0
10	Sistemas de Suelo		10		10
			Sumatoria		27.4

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de

la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Su sistema estructural consta con muros de corte, columnas gruesas y vigas descolgadas, todos de hormigón armado, lo cual aumenta su rigidez. Al ser esta edificación relativamente nueva se pudo conocer que el hormigón con el que se trabajó supera los 24 MPa. No se observaron zonas de hormiguero, las juntas de construcción tienen buenos acabados y están debidamente selladas y no se notó que existieran indicios de que las varillas corrugadas se encuentren oxidadas. En cuanto a la resistencia convencional se calculó que la relación H/T cumple con la condición de que $15 \leq H/T \leq 30$, ubicándolo en una clase B. Este edificio se encuentra en un perfil de suelo "D" en un suelo horizontal en donde el declive es menor al 15%, por lo que no existen problemas de que materiales caigan sobre la estructura.

La losa es de 40 cm de espesor, se encuentra sobre vigas descolgadas y la altura de la loseta de compresión es mayor a 10 cm. Las aberturas de la planta son menores al 30% del área total de la planta, y no se observó la presencia de pisos intermedios alado de la construcción.

No tiene problema de edificio abierto de la misma manera no presenta protuberancias, se encuentra separada de edificaciones vecinas, no presenta entrantes y salientes y todos los pisos tienen una misma altura de entrepiso, sin embargo, en vista de que presenta pointer se le da una calificación más alta.

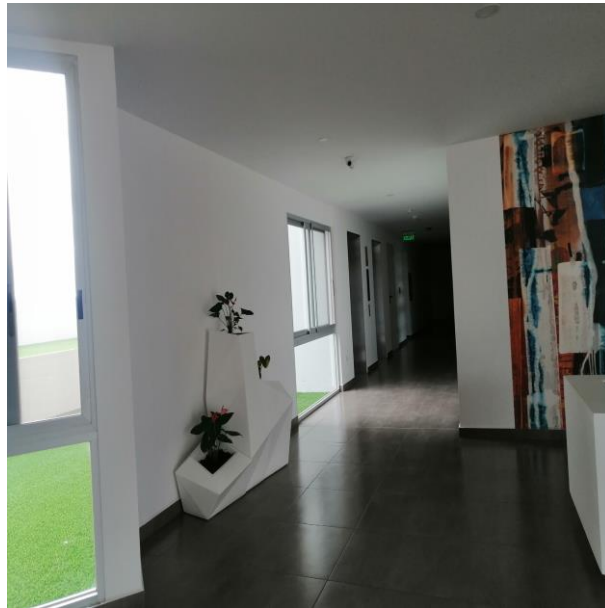
Se observaron que a los nudos interiores le llegan 4 vigas, ya que esta estructura fue construida recientemente es muy posible que los nudos hayan sido diseñados siguiendo las normativas pertinentes.

Con respecto a elementos de baja ductilidad existe presencia de viga corta, pero no es un caso tan crítico ya que cumple la condición de que $4 h_v < L_v \leq 6 h_v$. En cuanto a elementos no estructurales únicamente presenta cielo falso, es una construcción muy bien pintada, no se observó manchas de humedad en las paredes, no existen fugas de

agua, ningún vidrio está roto y todas las puertas se cierran correctamente. Es una estructura prácticamente nueva que no ha sido afectada por ningún sismo, esta es la razón por la cual no se observó ninguna fisura en las paredes o en la estructura.

Figura 61

Interior del edificio Ibiza



El edificio se encuentra orientado en dirección paralela al flujo, la entrada a la edificación permite el acceso de 5 o más personas a la vez, las escaleras interiores son de dimensiones insuficientes, solo con capacidad de 2 o menos personas a la vez para la evacuación vertical. No existe la presencia de puntos peligrosos, las calles son de baja circulación vehicular sin espacio destinados para parqueaderos.

Figura 62

Entrada al edificio



Con referencia al sistema estructural presenta muros de cortes y para su sistema de cimentación se utilizó una losa de cimentación.

Esta edificación es reciente, con menos de 5 años de construcción, lo cual es muy bueno ya que es muy probable que se haya construido según las ediciones más recientes del código de construcción y brinden una resistencia más adecuada a los tsunamis. La altura total del edificio es mayor al 130% de la altura máxima de la ola, la cual se pudo conocer sería de 25 m, más la altura de un piso. En esta construcción se presentan 3 subsuelos, lo cual lo hace muy susceptible al daño, ya que podrían experimentar efectos de flotabilidad y elevación.

Edificio las Olas

Edificio construido en el año 2009, se ubica entre la calle 27 y Flavio Reyes de la ciudad de Manta. Consta de 6 pisos en entrada principal, 12 en la parte posterior y 4 subsuelos, la altura de entrepiso es de 2.80 m teniendo una altura total del de 45.60 m. Presenta un área de construcción de 920 m² y su uso es residencial.

Figura 63*Edificio las Olas***Tabla 38***Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio las Olas*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente	0			0
2 Calidad del Sistema Resistente	0			0
3 Resistencia Convencional	0			0
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas	2			2
6 Configuración en Planta	3			3
7 Configuración en Elevación		11		11
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad	3			3
10 Elementos no Estructurales	0			0
11 Estado de Conservación	3			3
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo		11		11
	Sumatoria			36.25

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguiar, 2018).

Tabla 39

Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio las Olas

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Orientación del Edificio		6		7.2
2	Accesos. Entrada			12	14.4
3	Accesos. Escaleras			12	14.4
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	3			1.5
6	Sistema Estructural	0			0
7	Sistema de Cimentación		6		3
8	Año de Construcción		6		6
9	Altura del Edificio	0			0
10	Sistemas de Suelo		6		6
				Sumatoria	52.5

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Presenta columnas, muros de corte y vigas descolgadas, se las ve rígidas, en la calidad del sistema resistente es una estructura con un hormigón de buena calidad, la resistencia supera los 24 MPa, no se observaron zonas de hormiguero, las juntas de construcción tienen buenos acabados y están debidamente sellados.

Gracias a los elementos que conforman el sistema estructural, el edificio tiene la capacidad de resistir fuerzas sísmicas, con la relación H/T se obtuvo un valor de 34.55, y también una deriva de piso menor al 1%. La edificación se encuentra en un perfil de suelo tipo "D" con un declive menor al 15%, el suelo es prácticamente horizontal.

La losa de esta edificación se encuentra sobre vigas descolgadas, no se observaron pisos intermedios al lado de la construcción, la forma de la losa tiende a un cuadrado. No tiene problema de edificio abierto, pero presenta protuberancias menores al 10% de la longitud en el sentido de la protuberancia, con respecto a la configuración en elevación esta edificación no presenta problemas piso blando, pero se encuentra

adosada al bloque de 6 pisos perteneciente al mismo hotel y esto puede provocar que exista un golpeo durante un sismo entre estos dos bloques.

Figura 64

Vigas no centradas en la columna



Al nudo interior le llegan 4 vigas las cuales no se encuentran centradas en la columna, aparentemente los nudos no fueron diseñados de una manera correcta, por este motivo se le asigna una valoración mayor.

Figura 65

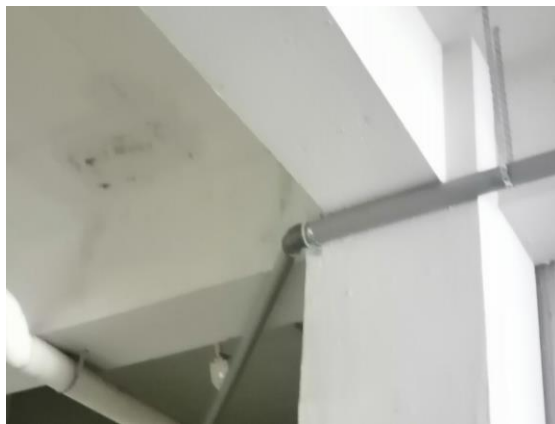
Nudos de las columnas



Se sospecha la presencia de una viga corta en las gradas, no se observaron elementos no estructurales que puedan causar daño a las personas. El edificio mantiene un buen estado de conservación, sin embargo, se observan pequeñas manchas de humedad en la losa, no se tiene problemas fugas de agua, y se encuentra bien pintado.

Figura 66

Mancha de humedad en el techo



El edificio presenta pequeñas fisuras en los elementos estructurales, luego del terremoto del 2016, se realizó una reparación integral, con cambio de material de paredes en Gypsum, lo cual ayuda a disminuir el peso de la edificación y a tener un mejor comportamiento sísmico, no se la reforzó con disipadores de energía ya que no hubo consenso de los copropietarios.

La dirección larga de la planta de la edificación es perpendicular a la dirección del flujo de la ola, con la relación largo/ancho menor al 1.5. La entrada a la edificación permite el acceso de 2 o menos personas a la vez. No cuenta con escaleras exteriores, las escaleras interiores que se observaron en el edificio tienen continuidad vertical, pero de igual manera únicamente permiten el acceso de dos personas a la vez.

Figura 67*Escaleras internas*

No existe la presencia de puntos peligrosos, las calles son de baja circulación vehicular con espacio destinados para parqueaderos en la parte posterior del edificio. En cuanto al sistema estructural presenta marcos resistentes a momentos y sistemas de muros de corte de hormigón armado, aparentemente diseñados para requisitos sísmicos más altos.

Esta estructura fue cimentada sobre losa maciza con vigas “T” en dos sentidos, la edad del edificio está entre 6 y 15 años de construcción. La altura del edificio es mayor al 130% de la altura máxima de ola, en cuanto al sistema de suelo esta edificación al contar con subsuelos presenta el riesgo de inundarse durante un tsunami.

Edificio Oasis Manta (Abandonado)

Este edificio inició su construcción en el año 2013 y actualmente se encuentra abandonado, se ubica entre la Av. Umiña 3 y Calle Umiña 2. Cuenta con un área aproximada de 450 m² y consta de 12 pisos, 11 sobre el nivel del terreno y un subsuelo. Se observa que es un edificio completamente de hormigón armado.

Figura 68*Edificio Oasis Manta***Tabla 40***Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Oasis Manta*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente			12	12
2 Calidad del Sistema Resistente			12	6
3 Resistencia Convencional		18		18
4 Posición del Edificio y Cimentación		3		1.5
5 Losas		5		5
6 Configuración en Planta		6		6
7 Configuración en Elevación	6			6
8 Conexión de elementos Críticos			6	4.5
9 Elementos de baja ductilidad			12	12
10 Elementos no Estructurales	0			0
11 Estado de Conservación			20	20
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo			22	22
			Sumatoria	113

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguiar, 2018).

Tabla 41

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Oasis Manta

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Orientación del Edificio		6		7.2
2	Accesos. Entrada			12	14.4
3	Accesos. Escaleras			12	14.4
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	0			0
6	Sistema Estructural		9		9
7	Sistema de Cimentación		6		3
8	Año de Construcción		6		6
9	Altura del Edificio	0			0
10	Sistemas de Suelo			12	12
				Sumatoria	66

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Consta de vigas ligeramente descolgadas y columnas bastante esbeltas, por tanto, en la organización del sistema resistente se lo clasifica como clase C, ya que aparentemente es una estructura flexible.

Se pudo observar que, durante el proceso constructivo en el vaciado de hormigón, algunas de las vigas no están totalmente confinadas el árido grueso, mostrando signos de porosidad, existen varillas de acero visibles y muy probablemente la armadura se encuentre oxidada, razón por la cual se determinó que la construcción era de baja calidad.

Figura 69

Porosidad en la estructura

**Figura 70**

Acero oxidado



En cuanto a la resistencia convencional, originalmente la estructura se diseñó en base a la capacidad de corte de sus elementos, luego del terremoto del 2016 se observó que sus elementos estructurales sufrieron daños; de igual manera al considerarse que es una estructura muy flexible la mampostería también sufrió daños. Se observó que existe una concavidad de algunas losas que probablemente se dieron antes del sismo de 2016. Esta construcción se encuentra ubicada en un perfil de suelo tipo “D” con una pendiente menor al 15%.

La losa se encuentra sobre vigas ligeramente descolgadas, para su configuración en planta no presenta problemas de edificio abierto, pero presenta protuberancias menores al 10% y en la configuración en elevación no se observa que tenga piso blando, es una estructura sin entradas ni salientes.

Se observaron indicios de que los nudos interiores no fueron diseñados, las vigas no se encuentran centradas en la columna, además se notó la presencia de columna corta y esto nos lleva a pensar que no se siguió lo estipulado en el código ACI 318 para zonas sísmicas o se cumplió de manera muy básica.

Figura 71

Vigas no centradas en la columna



Este edificio no cuenta con elementos no estructurales puesto que la construcción se encuentra suspendida; por lo cual se nota que existe un descuido en el mantenimiento por parte de los dueños. La estructura no ha sido reforzada y en caso de existir un nuevo sismo, existe la posibilidad de que el edificio colapse totalmente.

Se encuentra orientado en dirección perpendicular al flujo, con una relación largo/ancho menor al 1.5. Al encontrarse abandonado, el acceso para la entrada de las personas se vuelve complicado, al ser una estructura bastante flexible la mampostería terminó colapsando, el descanso de las escaleras se quedó sin apoyo, por tal razón algunas escaleras de los pisos intermedios colapsaron, dejando sin acceso a las escaleras.

Figura 72

Daño en los descansos de las escaleras



Esta construcción se encuentra alejada de puntos peligrosos como depósitos de combustible, patios de contenedores y puertos, al frente existen calles con poca circulación vehicular y sin espacios destinados para parqueaderos.

Muy probablemente tanto las vigas como columnas fueron diseñadas para simular una construcción integral, sin embargo, debido al abandono por parte de los dueños se pudo notar hormigueros y pequeñas fisuras tanto en vigas como en columnas. En lo que respecta a su sistema de cimentación se pudo conocer que en la construcción de este edificio se usaron losas de cimentación. El edificio es considerado medianamente antiguo ya que su construcción se inició hace aproximadamente ocho años. Este edificio tiene una altura adecuada mas no se recomienda en ningún caso utilizarlo como un refugio en caso de una evacuación vertical.

Para este edificio en particular se recomienda realizar una evaluación a profundidad debido a que es considerado un punto peligroso para las edificaciones aledañas, no cuenta con escaleras ni accesos adecuados, se presume la falta de presupuesto y de interés de los dueños de este edificio para reforzarlo o para demolerlo.

Edificio Buzios

Este edificio se encuentra ubicado en la ciudad de Manta entre la Calle Umiña 2 y Av. Umiña 3, es un edificio de hormigón armado y consta de 16 pisos, en los que se incluyen tres subsuelos. Tiene un área aproximada de 700 m², fue construido en el año 2016, luego del terremoto del 16 de abril del 2016 este edificio no fue reforzado.

Figura 73*Edificio Buzios***Tabla 42***Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Buzios*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente	0			0
2 Calidad del Sistema Resistente	2			1
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación	0			0
5 Losas	0			0
6 Configuración en Planta	2			2
7 Configuración en Elevación	2			2
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad		6		6
10 Elementos no Estructurales	2			0.5
11 Estado de Conservación	0			0
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	2			2
	Sumatoria			26.75

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguiar, 2018).

Tabla 43*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Buzios*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Orientación del Edificio	0			0
2 Accesos. Entrada	0			0
3 Accesos. Escaleras			12	14.4
4 Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5 Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	0			0
6 Sistema Estructural	0			0
7 Sistema de Cimentación		6		3
8 Año de Construcción	5			5
9 Altura del Edificio	0			0
10 Sistemas de Suelo		9		9
	Sumatoria			31.4

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Luego de una inspección visual se pudo constatar que el edificio cuenta con vigas descolgadas, columnas aparentemente gruesas y muros de corte para la escalera y ascensores, sin embargo, debido a la presencia de ventanas grandes se disminuye su calificación ya que la vuelve un poco vulnerable.

Se pudo conocer que la resistencia promedio del hormigón fue de 24 MPa, no se observaron zonas de hormiguero y se presume que las varillas no presentan problemas de oxidación. En cuanto a la resistencia convencional se le ubicó como clase B, ya que cumple la condición de que $15 \leq H/T \leq 30$. El suelo en el cual se ubica esta edificación es de clase C, lo cual ayuda a que no exista la amplificación de ondas sísmicas, además se pudo observar que no existe peligro de caída de material sobre la estructura.

La losa de esta estructura es alivianada y se encuentra sobre vigas descolgadas, no se observan pisos intermedios a un lado de construcción, y la abertura de las losas es menor al 30% del área total de la planta.

No presenta problemas de edificio abierto, sin embargo, tiene pequeñas protuberancias. No presenta problemas de piso blando, se encuentra separada de edificaciones vecinas, se puede apreciar que la rigidez de los pisos inferiores es mayor a la de los pisos superiores, sin embargo, debido al pent-house del último piso se observa la presencia de Pointer.

Los nudos interiores no fueron bien diseñados, por tal motivo se la clasificó como clase B. En cuanto a elementos de baja ductilidad existe la presencia de una viga corta al inicio de las gradas, no se observaron elementos no estructurales que puedan causar daño a las personas, sin embargo, debido a la presencia de ventanas grandes se disminuye su puntuación.

Figura 74

Viga no centrada en la columna



La estructura mantiene un estado de conservación bueno, no presenta problemas de humedad o fugas de agua, y se encuentra bien pintada.

Dentro del edificio se observó pequeñas fisuras en los elementos estructurales, luego del terremoto del 2016 se reemplazó la mampostería por Gypsum, de manera que se disminuya el peso de la edificación y así tener un mejor comportamiento sísmico. No se la reforzó con disipadores de energía ya que no hubo consenso de los copropietarios.

El sentido largo de la edificación es paralelo a la dirección del flujo de la ola, lo cual ayuda a que se experimente fuerzas hidrodinámicas más pequeñas. La entrada permite el acceso de 5 o más personas a la vez y la puesta en funcionamiento es inmediato para toda la población y se encuentra sobre el nivel del terreno.

No se pudo observar escaleras exteriores que conectan los pisos del edificio, presenta una escalera interior sin continuidad vertical que únicamente permite el acceso de 2 o 3 personas a la vez. No existe la presencia de puntos peligrosos, las calles son de baja circulación vehicular sin espacio destinados para parqueaderos. Presenta marcos resistentes a momentos de hormigón armado y sistemas de muros de corte de hormigón armado, aparentemente diseñados para requisitos sísmicos más altos.

Esta estructura fue cimentada sobre losas y vigas de cimentación, el tiempo de construcción de esta estructura es de cinco años. La altura del edificio es mayor al 130% de la altura máxima de ola, en cuanto al sistema de suelo esta edificación al presenta 3 subsuelos por lo cual corre el riesgo de inundarse durante un tsunami.

Figura 75

Entrada al edificio Buzios

**Edificio Manta Host**

Esta edificación se encuentra ubicada en Km. 1.5 Vía a Barbasquillo, construido en el año 2002, con un total de 11 pisos, 4 sobre el nivel del terreno y 7 subsuelos, presenta una altura de entrepiso de aproximadamente 4.00 metros para los pisos sobre el nivel de terreno y 3.50 para los subsuelos, con altura total de la edificación de 40.5 m; su área de construcción es de aproximadamente 1432 m².

Figura 76*Edificio Manta Host***Tabla 44***Calificación vulnerabilidad sísmica Edificio Manta Host*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente	1			1
2 Calidad del Sistema Resistente	3			1.5
3 Resistencia Convencional	0			0
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas	2			2
6 Configuración en Planta		6		6
7 Configuración en Elevación	2			2
8 Conexión de elementos Críticos		3		2.25
9 Elementos de baja ductilidad		6		6
10 Elementos no Estructurales		4		1
11 Estado de Conservación	3			3
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	4			4
	Sumatoria			29.75

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguiar, 2018).

Tabla 45*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Edificio Manta Host*

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Orientación del Edificio		6		7.2
2	Accesos. Entrada	0			0
3	Accesos. Escaleras	5			6
4	Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5	Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	0			0
6	Sistema Estructural	1			1
7	Sistema de Cimentación		6		3
8	Año de Construcción			12	12
9	Altura del Edificio	0			0
10	Sistemas de Suelo		6		6
				Sumatoria	35.2

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

En la organización del sistema resistente presenta muros de corte, columnas y vigas gruesas, se las ve rígidas, en la calidad del sistema resistente es una estructura con muy buen hormigón, la resistencia supera los 24 MPa, se observaron zonas de hormiguero, las juntas de construcción tienen buenos acabados y están debidamente sellados.

Respecto a la resistencia convencional el valor obtenido al aplicar la relación H/T, es mayor a 30 lo cual ubica a esta edificación en la clase A. La edificación se encuentra en un perfil de suelo tipo "D" con un declive menor al 15%, el suelo es prácticamente horizontal.

La losa alivianada de 40 cm con loseta de compresión mayor a 10 cm, presenta protuberancias menores al 10% de la longitud en el sentido de la protuberancia, con respecto a la configuración en elevación esta edificación no presenta problemas de piso blando.

Al nudo interior si le llegan 3 vigas, se presume que el nudo no fue diseñado, se sospecha la presencia de una viga corta, se observaron elementos no estructurales que puedan causar daño a las personas como el sistema de contra incendio, una cúpula y antepechos. Se pudo observar que en el edificio existen manchas de humedad en las losas, no existen fugas de agua y la fachada de la edificación se encuentra bien pintada.

Figura 77

Manchas de humedad



Además, la estructura presenta pequeñas fisuras en los elementos estructurales, luego del terremoto del 2016, se realizó una reparación integral en la mampostería.

La dirección larga de la edificación es perpendicular a la dirección del flujo de la ola, con la relación largo/ancho menor al 1.5.

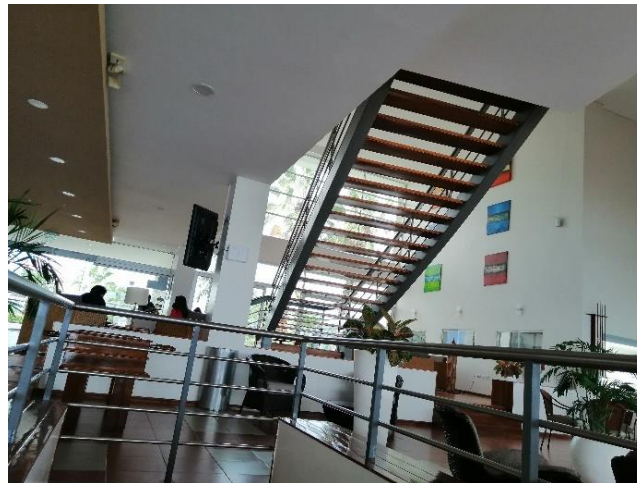
La entrada a la edificación permite el acceso de 5 o más personas a la vez, las escaleras interiores que se observaron están distribuidas a lo largo del edificio, lo que permite que las personas no se concentren en un solo lugar y puedan buscar otra alternativa para evacuar.

Figura 78

Entrada al Edificio Manta Host

**Figura 79**

Escaleras interiores



No existe la presencia de puntos peligrosos ya que el edificio se ubica a orillas del mar, las calles son de baja circulación vehicular con espacios destinados para parqueaderos, pero en este caso no afecta en gran medida a la estructura debido a que se ubican en la parte posterior de la misma. En cuanto al sistema estructural presenta marcos resistentes a momentos y sistemas de muros de corte de hormigón armado.

Esta estructura fue cimentada sobre losas y vigas de cimentación, la edad del edificio está entre 6 y 15 años de construcción. La altura del edificio es mayor al 130% de la altura máxima de ola, en cuanto al sistema de suelo esta edificación presenta subsuelos y corre el riesgo de inundarse durante un tsunami.

Hotel Poseidón

El hotel se encuentra ubicado en Km. 1.5 Vía a Barbasquillo cerca del hotel Manta Host, construido en el año 2015, tiene un total de 21 pisos de los cuales 16 se encuentran sobre el nivel del terreno con una altura de 2.60 m y 5 subsuelos con una altura de 2.50 m teniendo una altura total de 54.10 m. Su área de construcción es de aproximadamente 2252 m².

Figura 80

Hotel Poseidón



Tabla 46*Calificación vulnerabilidad sísmica Hotel Poseidón*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Organización del Sistema Resistente		6		6
2 Calidad del Sistema Resistente		6		3
3 Resistencia Convencional			11	11
4 Posición del Edificio y Cimentación			2	1
5 Losas		3		3
6 Configuración en Planta		6		6
7 Configuración en Elevación	7			7
8 Conexión de elementos Críticos	0			0
9 Elementos de baja ductilidad		6		6
10 Elementos no Estructurales		4		1
11 Estado de Conservación	3			3
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	4			4
			Sumatoria	51

Nota. Esta tabla muestra wi: ponderación, KL: clase de los parámetros de la metodología

Italiana Modificada. Obtenido de: (Aguar, 2018).

Tabla 47*Calificación vulnerabilidad ante tsunami Hotel Poseidón*

Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
	A	B	C	
1 Orientación del Edificio	0			0
2 Accesos. Entrada	0			0
3 Accesos. Escaleras			12	14.4
4 Ubicación del Edificio. Puntos Peligrosos	0			0
5 Ubicación del Edificio. Calles y Avenidas	0			0
6 Sistema Estructural		6		6
7 Sistema de Cimentación		6		3
8 Año de Construcción		6		6
9 Altura del Edificio	0			0
10 Sistemas de Suelo		6		6
			Sumatoria	35.4

Nota. Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de

la FEMA 2019. Obtenido de: FEMA, F. E. (2019).

Con respecto a la organización del sistema resistente la estructura no cuenta con muros de corte, columnas gruesas y presenta vigas metálicas. Al ser una estructura que tiene poco tiempo de construcción probablemente se haya construido con un hormigón cuya resistencia fue superior a los 24 MPa, sin embargo, existen zonas de hormiguero, lo cual nos hace notar que no se realizó una buena vibración del hormigón o que los materiales no fueron de buena calidad, y en el caso de un evento catastrófico podría provocar el colapso de la estructura. En el sistema convencional la relación H/T se obtuvo un valor de 25, lo que clasificó a la estructura en una clase B.

Figura 81

Zona de hormiguero



Este edificio se encuentra en un perfil de suelo "D" en un suelo horizontal en donde el declive es menor al 15%.

La losa es tipo deck con una loseta de compresión menor a 10 cm, con respecto a su configuración en planta es irregular y cuenta con protuberancias, además de que es una estructura irregular en elevación.

En conexión de elementos críticos, a los nudos interiores le llegan 4 vigas centradas al eje de la columna, por tal motivo se presume que los nudos fueron bien diseñados, se observó la presencia de vigas y columnas cortas.

Figura 82

Unión de vigas



Se visualizó la presencia de elementos no estructurales que pueden caerse, como aire acondicionado apoyado en las paredes, sistema contra incendios, baldosas despegadas y el cielo falso.

La edificación presenta un estado de conservación bueno, aunque se pudo notar que existen pequeñas manchas de humedad en las paredes, no se observó que existiera algún vidrio roto. Después del terremoto del 16 abril del 2016, no fue reforzada debido a que no sufrió mayor daño.

Figura 83

Manchas de humedad



La dirección larga orientada paralela al flujo, en cuanto a la entrada a la edificación permite el acceso de 5 o más personas a la vez, no cuenta con escaleras exteriores, las escaleras interiores que se observaron son de dimensiones insuficientes permitiendo 2 o menos personas a la vez.

Figura 84

Entrada al hotel



La estructura no se encuentra cerca de depósitos de combustibles o patios de contenedores, el puerto se encuentra a una distancia superior a los 200 metros de la

ubicación, presenta calles y avenidas restringidas a circulación peatonal o con poca circulación vehicular sin espacios destinados para parqueaderos.

Su sistema estructural es mixto compuesto de hormigón armado y vigas metálicas que han sido diseñadas para simular una construcción integral. Su sistema de cimentación son losas de cimentación.

Este edificio fue construido recientemente con una antigüedad menor de 5 años de construcción, la altura del edificio supera el 130% de la altura máxima de la ola más la altura de un piso, al contar subsuelos existe la posibilidad que el agua ingrese y provoque que las losas experimenten efectos de flotabilidad y elevación.

Evaluación de vulnerabilidad sísmica y tsunami de edificios existentes

Para la realización de este trabajo se pre seleccionó 18 edificios, entre los cuales se tiene 3 que son de uso público, 3 bancos, 4 hoteles, 7 de uso residencial y 1 cuya construcción se encuentra suspendida. Cabe mencionar que no se trabajó con 1 edificio debido a que no se contó con la información suficiente para su evaluación.

Antes del terremoto del 1998 cuyo epicentro fue en la ciudad de Bahía y que afectó levemente a algunas ciudades de Manabí, ocho (44.44%) edificios fueron construidos. Otros ocho (44.44%) se construyeron después de este suceso y después del terremoto del 16 de abril del 2016 (Mw 7.8) dos edificios fueron construidos lo que quiere decir que tienen menos de cinco años de construcción.

El área total de construcción de los 18 edificios pre seleccionados da un total de 18757.18 m², y un área promedio de 1042.07 m². El edificio El Dorado II es el que posee una mayor área de construcción (3150 m²), seguidos por el Hotel Poseidón (2252 m²) y el Vigía (1800 m²), se debe mencionar que un área de construcción mayor presenta una mayor capacidad en caso de una evacuación.

Gran parte de los edificios, un total de diez, presentan más de diez pisos. Mientras que seis poseen menos de diez pisos y únicamente dos presentan más de veinte pisos. Seis de los dieciocho edificios no presentan pisos debajo de la superficie, el resto posee un valor máximo de siete subsuelos, siendo este el caso del Hotel Manta Host.

La altura máxima de piso es de 4 m y la mínima 2.5 m, del total de edificios únicamente seis tienen una altura de piso superior o igual a los 3 m, las alturas de piso más frecuentes que se encontró durante la inspección fue de 2.8 m.

Siete de los dieciocho edificios se encuentran en primera línea de la playa, de los 17 edificios evaluados, 1 se encuentra deshabitado y abandonado, 1 se encuentra en proceso de reforzamiento y 2 presentan daños evidentes.

Entre los edificios analizados se obtuvo como resultado que cinco estructuras, las cuales representan aproximadamente el 27.78%, tienen un índice de vulnerabilidad sísmica ≤ 30 . En tanto que los edificios con un índice de vulnerabilidad ≥ 80 suma cinco de ellos (27.78%), lo cual quiere decir que son altamente vulnerables. De la misma manera se tiene que aquellas estructuras que exhiben un índice de vulnerabilidad sísmica entre 30 y 80 son un total de siete (38.88 %), por tal motivo requieren de una evaluación adicional. El 5.55 % restante o uno de dieciocho edificios, corresponde a aquella edificación en la cual no se obtuvo la información requerida, ya sea por la falta de colaboración de los administradores o por seguridad de los mismos.

El mínimo valor del índice de vulnerabilidad sísmica I_v es 24 perteneciente al edificio Ibiza. Los valores más altos del índice de vulnerabilidad se obtienen, como se esperaba, por los dos edificios que presentaban daños evidentes debido a los daños sufridos anteriormente y el edificio abandonado, como se lo puede apreciar en la Tabla 48. Debido al peligro que estos representan en futuros eventos sísmicos, tanto para los

edificios adyacentes como para la población, se deberá tomar en cuenta una demolición controlada.

Tabla 48

Resumen del índice de vulnerabilidad sísmica y tsunami de los edificios evaluados

Edificios	Metodología Italiana Iv	Metodología FEMA Iv
Corporación Nacional de Electricidad CNEL	28	35
Empresa Pública Aguas de Manta (EPAM)	84.25	88.5
Edificio Sin Nombre 1	117.75	85.8
Edificio Sin Nombre 2	117.75	81.3
Edificio Banco Pichincha	47.25	66
Banco de Bank	29	29.8
Edificio el Vigía	110.25	80.2
Museo Centro Cultural Manta	46	40.8
Balandra Hotel	41.25	43.6
Hotel el Navegante	56.25	38.4
Edificio el Dorado II	45.5	64.8
Edificio Ibiza	24	27.4
Edificio las Olas	36.25	52.5
Edificio Oasis Marino (Abandonado)	113	66
Edificio Buzios	26.75	31.4
Edificio Manta Host	29.75	35.2
Hotel Poseidón	51	35.4

De los edificios evaluados, cinco (11.11%) presentan un índice de vulnerabilidad menor a 30, seis (61.11%) exhiben un índice de vulnerabilidad a tsunamis entre 30 y 80, por lo tanto, requieren estudios adicionales con el fin de saber a qué categoría se les podría asignar, cuatro (22.22%) tienen un índice superior a ochenta, lo cual quiere decir que son estructura muy vulnerables frente a un tsunami y se tiene tres (5.56%) los cuales no se accedió a la información necesaria para su respectiva evaluación.

Por lo tanto, una vez finalizada la evaluación de los 18 edificios pre seleccionados se tiene que únicamente dos (11.11%) edificios se clasifican como resistentes a ambos

peligros (sismo y tsunami). Los edificios antes mencionados son: Banco del Bank y el Edificio Ibiza, de entre los atributos que ayudaron a que estas estructuras presenten un índice de vulnerabilidad inferior a 30 se puede mencionar las siguientes: son estructuras rígidas, tienen un buen estado de conservación, fueron reparadas a nivel de mampostería o estructural y tienen una altura superior que la altura máxima a la que llegaría la ola.

De los edificios seguros su orientación es paralela a la dirección más potencial de la ola del tsunami entrante desde la costa del Pacífico, lo cual hace que experimente fuerzas hidrodinámicas más pequeñas, uno de estos edificios se ubican en la primera línea de la playa, es decir en una zona crítica del tsunami y cuentan con entradas lo suficientemente anchas para permitir el acceso de varias personas y gracias a la amplitud de su área de construcción y número de pisos permiten refugiar a una gran cantidad de personas.

Figura 85

Mapa de las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad sísmica

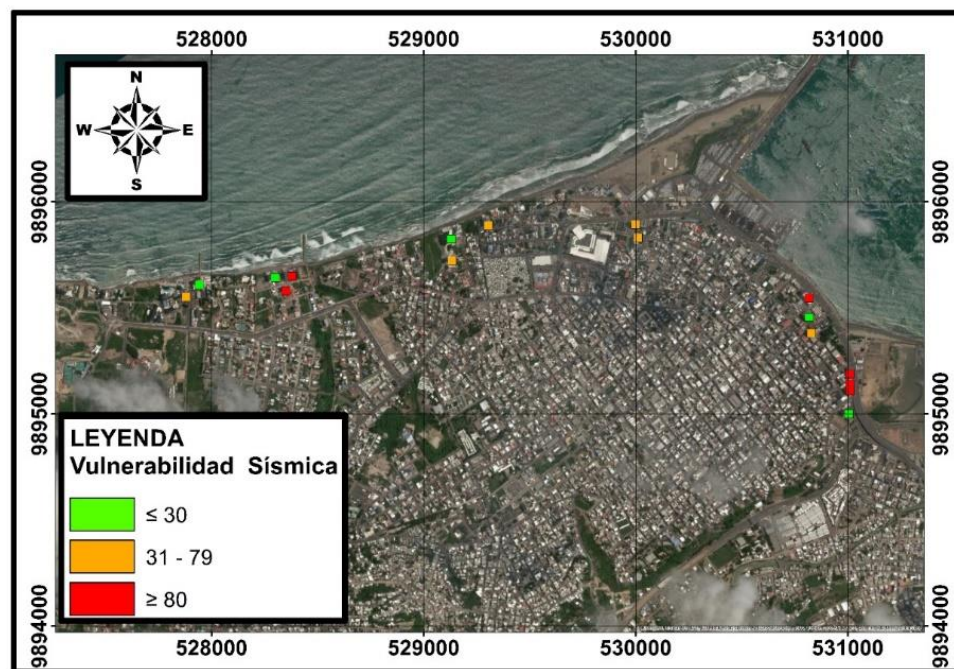
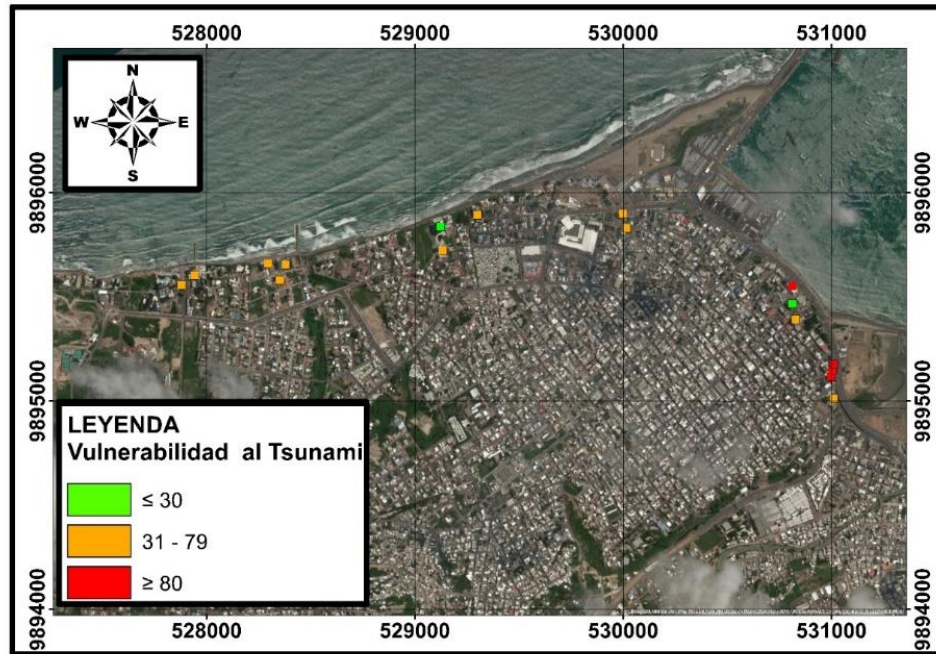


Figura 86

Mapa de las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad frente tsunamis



Por otro lado, se tiene tres edificios que fueron categorizados como sismoresistente pero presentan un índice de vulnerabilidad de tsunami entre 30 y 36, este valor se obtuvo principalmente porque existe una limitación importante para la evacuación vertical en lo concerniente al acceso de las escaleras y debido a que se encuentra ubicado frente a una vía muy transitada. Una alternativa para mejorar este problema es la implementación de mejoras en los accesos de las escaleras, de esta manera se reduciría el índice de vulnerabilidad a tsunamis convirtiéndolo en un refugio potencial para una evacuación vertical eficiente, teniendo en consideración la evolución de las capacidades y las tecnologías de construcción inteligente.

Es vital definir de manera inequívoca la responsabilidad de abrir el refugio vertical y asignar personal adicional de respaldo de emergencia. (FEMA, 2019)

Se proponen adaptaciones físicas para mejorar la circulación vertical al nivel de refugio adecuado de la estructura, como puede ser la instalación de entradas suplementarias, rampas o escaleras, las cuales preferentemente deberán ser exteriores, ya que son de fácil construcción y no presentan obstrucciones que afecten su visibilidad. (FEMA, 2019)

Como opción adicional, el municipio de la ciudad de Manta debería considerar el diseño y construcción de un edificio público y accesible polivalente resistente a tsunamis que se ubique en una parte central de la zona crítica y que no se encuentre cerca de los edificios que se consideran seguros, para que de esta manera las personas que no puedan llegar a estos edificios evacuen hacia este edificio.

Todas las actividades propuestas en caso de un posible desastre por un tsunami entrante están pendientes de la implementación de un sistema de alerta temprana como se propuso anteriormente. (Toulkeridis et al., 2018, 2019)

Capítulo IV

Propuesta de adaptaciones que permitan a la población una evacuación vertical ante tsunamis en las edificaciones evaluadas y aptas de Manta

Después de evaluar 17 de 18 edificios seleccionados en la ciudad de Manta, se pudo conocer cuáles podrían soportar un evento sísmico y servir como refugios verticales, también se identificaron a los que podrían sumarse a esta lista de edificios seguros una vez realizadas ciertas adaptaciones con respecto a las escaleras y puntos de entradas de los edificios.

De los edificios analizados cinco tienen un buen sistema resistente, pero tres de estos no cumplen con las condiciones necesarias para ser considerados como refugios verticales debido a su alta puntuación en el parámetro accesos, dificultando que la población llegue a una altura necesaria en un tiempo óptimo de evacuación.

La propuesta de adaptación que se presenta para el edificio Buzios, está relacionada con los accesos al mismo ya que es la mayor problemática que se presenta al momento de calificar un refugio vertical que pueda albergar a la población durante un evento catastrófico como sismo y tsunami, como lo menciona la (FEMA, 2019) se debería evitar que ocurriese confusión y pánico al momento de evacuar a la población y que estos puedan acceder de manera rápida y segura al edificio en caso de un tsunami, un refugio de evacuación vertical debe configurarse de manera que sea siempre accesible o se pueda ingresar sin personal de emergencia.

El ingreso a los edificios residenciales durante una evacuación se dificulta debido a que en la mayoría su acceso es restringido y su capacidad en la entrada es solo de 2 personas, por lo cual se recomienda al municipio de la ciudad de Manta realizar charlas con los propietarios de estas edificaciones que pueden servir como refugios verticales y

dado el caso que ocurra un evento catastrófico estos edificios den lugar para una evacuación rápida y segura.

En este capítulo se propone implementar escaleras de evacuación vertical como una solución óptima para mejorar el acceso de la población hacia el edificio, como se propone en la (FEMA, 2019) se puede instalar un acceso suplementario en el exterior del edificio para facilitar la construcción y una alta visibilidad como se muestra figura 87 en el edificio Kesenuma, Japón, el cual sirvió como refugio de evacuación vertical en el tsunami de Tohoku de 2011, con una escalera exterior de metal instalada para proporcionar acceso sin obstrucciones al área de refugio en el techo. (FEMA, 2019)

Figura 87

Edificio Kesenuma, Japón



Nota. Edificio de cinco pisos en Kesenuma, Japón, con una escalera exterior de metal instalada para proporcionar acceso sin obstáculos al área de refugio en el techo. Obtenido de: (Fraser et al., 2012)

Al contar con gradas exteriores la calificación de los edificios evaluados puede mejorar haciendo que estos entren en la categoría de edificios seguros según la FEMA 2019, también se tomó en cuenta que los edificios cuenten con espacios suficientes para la implementación de escaleras exteriores que ayuden a la evacuación vertical.

Una vez finalizado la evaluación de los edificios preseleccionados se pudo observar que tres de estos tienen un índice de vulnerabilidad sísmica menor a 30 que los califica como seguros, sin embargo no se clasifican como seguros ante un tsunami ya que su índice de vulnerabilidad sobrepasa por poco al valor de 30, el cual podría mejorar al implementarse unas escaleras exteriores. De los tres edificios antes mencionados únicamente al edificio Buzios se podría realizar esta adecuación ya que los otros dos no cuentan con espacio suficiente para la construcción de la alternativa mencionada.

Diseño de la escalera de evacuación vertical

Antes de empezar con el diseño, es imprescindible determinar o clasificar el tipo de edificación para la cual se hará la adecuación, según lo establecido en el Código Ecuatoriano de la Construcción Administración, Control y Zonificación, y de esta forma determinar el tipo de escalera que se diseñará.

Según lo mencionado anteriormente el edificio Buzios entraría en la clasificación tipo D, debido a que se trata de un edificio de habitación o uso colectivo: casas de departamentos, dormitorios, colectivos, hoteles, almacenes, oficinas o similares.

“Corresponden a esta clasificación los edificios de albergue o de uso de varias personas, tales como: casas de apartamentos, hoteles, pensiones, dormitorios colectivos, edificios de oficinas. Restaurantes, cuarteles, clubes sociales y deportivos de capacidad menor de 250 personas” (Cañamar et. al, 2021).

En el caso en que las escaleras sirvan hasta un máximo de 10 apartamentos, estas deben tener un ancho de 1.20 m el cual deberá aumentarse 2 cm por cada apartamento adicional.

El material con el que se diseñará las escaleras deberá ser incombustible y de ancho uniforme.

Elementos de la escalera

Algunos elementos definidos en (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016) son:

Contrahuella. - Distancia vertical entre huellas consecutivas o entre el descanso y el siguiente escalón.

Descanso. - Superficie horizontal intermedia entre dos tramos.

Huella. - Superficie horizontal en donde se apoya el pie.

Pasamano. - Elemento continuo de sujeción que facilita la movilidad de las personas proporcionando guía, equilibrio, apoyo y seguridad.

Tramo. - Superficie horizontal intermedia entre dos tramos.

Zanca. - Elemento resistente, cada una de las vigas que sirve de soporte sobre el cual descansan los escalones de cada tramo de la escalera.

Requisitos de diseño

En la normativa NTE INEN 2249 se establece las dimensiones mínimas y las características generales que deben cumplir las escaleras interiores y exteriores proponiendo las siguientes recomendaciones:

El diseño de una escalera debe contemplar el espacio de circulación constituido por el ancho y la altura de paso. También se debe tener en cuenta las áreas de maniobra para personas con movilidad reducida.

El ancho mínimo libre de paso para escaleras debe ser de 1.20 m, comprendido entre pasamanos.

Dimensiones

a) Peldaños

Las relaciones dimensionales entre huella y contrahuella son aquellas que resultan de aplicar la fórmula:

$$600 \text{ mm} \leq 2 a + b \leq 660 \text{ mm}$$

Donde:

a: es la contrahuella en mm.

b es la huella en mm.

La dimensión mínima de la huella debe ser de 280 mm.

La dimensión máxima de la contrahuella debe ser de 180 mm en escaleras con acceso al público.

a) Tramo

Las escaleras de uso particular pueden tener tramos continuos, sin descanso, de hasta 15 escalones.

Las escaleras con acceso al público deben tener tramos continuos sin descanso de hasta 10 escalones.

b) Descanso

Los descansos deben tener el ancho mínimo coincidente con el ancho de la escalera.

El ancho libre de la escalera debe mantenerse en el descanso y el área de circulación no debe ser invadida o utilizarse con equipamiento, mobiliario u otros usos.

En escaleras con acceso al público el área correspondiente al descanso no puede ser ocupada por peldaños.

Características generales

Escaleras

- Las huellas y contrahuellas de los peldaños deben ser uniformes a lo largo de los tramos;
- Se debe evitar la proyección de unas huellas sobre otras, pero en el caso de ser necesaria tal proyección no debe ser superior a 25 mm;
- Todas las huellas deben ser firmes y estables;
- Las superficies de deambulación deben ser antideslizantes, sin irregularidades que afecten a la superficie de contacto del pie.

Pasamanos

- Se debe colocar pasamanos en los lados abiertos de una escalera;
- Toda escalera de uso comunal o público debe contar con pasamanos en sus dos lados.

Los pasamanos deben cumplir, además, con lo establecido en la NTE INEN 2244 la cual dispone:

Los pasamanos deben ser colocados a una altura comprendida entre 850 mm y 950 mm medidos verticalmente en su proyección sobre el nivel del piso terminado.

Las alturas de los pasamanos serán iguales en el inicio, descansos y final.

Estructura de la escalera

La escalera para su fabricación se ha dividido en dos elementos diferentes los cuales son el soporte o estructura y los peldaños. La primera se la puede fabricar de diferentes materiales como son el hormigón armado, acero o madera, cada material presenta diferentes características mecánicas lo cual es muy beneficioso lo que permite

dar soluciones estructurales diferentes y a su vez nos permite combinar diferentes elementos de distinto material.

Materiales

Acero estructural

Al acero estructural se lo conoce como de bajo carbono debido a que al incrementar la cantidad de carbono disminuye su ductilidad, incrementando su esfuerzo último y de fluencia.

El A-36 es el acero más comúnmente utilizado cuyo punto de fluencia es de 36000 psi (2530 kgf/cm²),

Se seleccionó el este tipo de acero debido a que presenta una alta resistencia, sus propiedades no sufren grandes cambios con el pasar del tiempo (uniformidad), mientras se le dé un adecuado mantenimiento tiene mayor tiempo de duración (durabilidad) y además soporta grandes deformaciones sin fallar ante esfuerzos de tensión altos (ductilidad).

Sin embargo, también podemos mencionar que son susceptibles la corrosión por consiguiente deben pintarse periódicamente, entre más largos y esbeltos sean los miembros a compresión mayor es el riesgo a pandeo, a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo su resistencia puede disminuir, al perder su ductilidad la fractura frágil puede ocurrir en lugares de concentración de esfuerzos.

Hormigón Armado

La calidad y proporciones de los componentes en la mezcla influyen directamente en las propiedades del hormigón además de las condiciones de humedad y temperatura en el proceso de fabricación y de fraguado.

Los componentes que forman parte del hormigón armado son muy comunes y abundantes en nuestro medio. Este material mantiene sus propiedades intactas con el

pasar el tiempo generando una larga durabilidad y evita deformaciones debido a su elevada capacidad. Posee características como resistencia a la compresión, flexión, corte y tracción, haciendo un material muy seguro.

Uno de los aspectos negativos que tiene este material es su peso excesivo y para soportar el mismo se necesita de grandes dimensiones, lo cual lo hace voluminoso a simple vista.

Selección de características para el diseño

De acuerdo a la normativa antes mencionada, se tomará las siguientes dimensiones y características para el cálculo y diseño de la estructura.

Para el cálculo se tomará como huella mínima 28 cm y la contrahuella máxima 18 cm, lo que permite tener un diseño ergonómico.

Se adoptará una huella de 30 cm y una contrahuella de 18 cm, lo cual nos permite cumplir con la normativa:

$$600 \text{ mm} \leq 2a + b \leq 660 \text{ mm}$$

$$600 \text{ mm} \leq 2(180) + 300 \leq 660 \text{ mm}$$

$$600 \text{ mm} \leq 660 \text{ mm} \leq 660 \text{ mm}$$

Se puede observar que las dimensiones seleccionadas se encuentran dentro del rango permisible.

Conociendo que la normativa recomienda utilizar ancho de escalera mínimo de 1.20 m para edificios de hasta 10 apartamentos, aumentando 2 cm por cada apartamento adicional que se tenga en el edificio, entonces para el presente diseño se trabajará con un ancho de grada y su descanso de 1.30 m, dimensión que permite la circulación de dos personas a la vez.

Tabla 49*Dimensiones adoptadas de la escalera*

	Dimensiones
Huella	0.30 m
ContraHuella	0.18 m
Peldaño	L=1.30 m a=0.30 m
Descanso	L=3.00 m a=1.30 m

Teniendo en cuenta la altura de entrepiso de la edificación se diseñará tramos de 9 escalones, teniendo en cuenta que la estructura estará destinada para evacuación vertical de acceso público, considerando que debe tener tramos continuos sin descansos máximos de 10 escalones y la altura de los pasamos a ambos lados será de 95 cm.

Selección de los materiales para el diseño

Procederemos a diseñar vigas columnas y diagonales de acero debido a las características que este material presenta y al ser construida en una edificación ya existente.

Se tomará una estructura mixta tanto para peldaños y para descansos, conformados por un perfil de acero, hormigón armado y una losa de cubierta con panel colaborante Deck.

Para los acabados de huellas y contrahuellas se toma el hormigón debido a la resistencia que presenta en la intemperie y por ser un material antideslizante.

Diseño de los elementos estructurales

Cargas y Combinaciones de carga

Tomaremos como referencias las cargas y combinaciones de cargas que especifica la normativa, según (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015) :

- 1.4D

- $1.2D + 1.6L + 0.5\max (Lr; S; R)$
- $1.2D + 1.6\max (Lr; S; R) + \max (L; 0.5W)$
- $1.2D + 1.0W + L + 0.5\max (Lr; S; R)$
- $1.2D+1.0E+L+0.2S$
- $0.9D + 1.0W$
- $0.9D + 1.0E$

Donde:

D: carga muerta

L: carga viva

S: carga de nieve

Lr: carga viva de cubierta

R: Carga de lluvia

W: carga de viento

E: carga sísmica

Método de diseño

Para el diseño estructural de acero se utilizó la normativa ANSI/AISC 360.

Diseño por a factores de carga y resistencia(LRFD)

Para la comprobación de la demanda versus la capacidad de los elementos, en base a la metodología de Factores de Carga y resistencia (LRFD), se debe cumplir que

$$R_u \leq \phi * R_n$$

Donde:

R_u : resistencia requerida (LRFD)

R_n : resistencia nominal

ϕ : factor de resistencia

$\phi * R_n$: resistencia de diseño

Diseño de miembros en Compresión

Se determina la resistencia a compresión:

$$\phi_c P_n$$

Donde:

P_n : resistencia de compresión nominal

$$\phi_c = 0.90 \text{ (LRFD)}$$

P_n es el menor valor obtenido de los límites que aplican pandeo por flexión, pandeo torsional, y pandeo flexo-torsional.

Se utilizará perfiles tipo G para las columnas, para el cálculo de la resistencia compresión nominal de las mismas utilizaremos la normativa ANSI/AISC 360-10.

$$P_n = F_{cr} * A_g$$

La tensión de pandeo por flexión, se determina de la siguiente manera:

a) Cuando

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) * F_y$$

b) Cuando

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_{cr} = 0.877 * F_e$$

Siendo F_e la tensión de pandeo elástico determinada de acuerdo a:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Diseño de miembros a Flexión

El miembro es cargado en un plano paralelo al eje principal que pasa a través del centro de corte o es restringido al giro en los puntos de carga y los apoyos.

La escalera cuenta con secciones diferentes por lo cual se calculará de la siguiente manera.

Perfil tubular circular

Los perfiles tubulares deben cumplir la siguiente razón:

$$\frac{D}{t} < \frac{0.45 * E}{F_y}$$

La resistencia de flexión nominal M_n , tendrá que ser menor al valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia y pandeo local.

Fluencia:

$$M_n = M_p = F_y * Z$$

Pandeo local:

- Para secciones compactas, no aplica el estado límite de pandeo local.
- Para secciones no compactas

$$M_n = \left(\frac{0.021 E}{\frac{D}{t}} + F_y \right) * S$$

- Para secciones con paredes esbeltas

$$M_n = F_{cr} * S$$

Donde:

S: módulo de sección elástico

t: espesor de la pared

Peldaños

Los peldaños estarán formados por un perfil C.

La resistencia de flexión nominal, M_n , tendrá que ser menor al valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia y pandeo local del ala.

Fluencia:

$$M_n = M_p = F_y * Z_y \leq 1.6 * F_y * S_y$$

Pandeo local del ala:

- Para secciones con alas compactas, no aplica el estado límite de pandeo local.
- Para secciones con alas no compactas

$$M_n = \left[M_p - (M_p - 0.7 * F_y * S_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right]$$

- Para secciones con alas esbeltas

$$M_n = F_{er} * S_y$$

Donde:

$$F_{cr} = \frac{0.69 * E}{\left(\frac{b}{t_f} \right)^2}$$

$$\lambda = \frac{b}{t_f}$$

λ_{pf} : esbeltez límite para ala compacta

λ_{rf} : esbeltez límite para ala no compacta

b : para sección H la mitad de la longitud del ala completa, b_f , para alas de canales

t_f : espesor del ala

S_y : para un canal debe tomarse como el módulo de sección mínimo

Perfiles tubulares cuadrados y rectangulares

Se utilizará dos perfiles G para las vigas y zancas de la escalera, para la resistencia de flexión nominal, M_n , tendrá que ser menor al valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia, pandeo local del ala y pandeo local del alma en flexión pura.

Fluencia:

$$M_n = M_p = F_y * Z$$

Donde:

Z: módulo plástico de la sección en torno al eje de flexión

Pandeo local del ala:

- a) Para secciones compactas, no aplica el estado límite de pandeo local del ala.
- b) Para secciones con alas no compactas

$$M_n = M_p - (M_p - F_y * S) \left(3.57 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0.4 \right) \leq M_p$$

- c) Para secciones con alas esbeltas

$$M_n = F_y * S_{eff}$$

Donde:

S_e : modulo se sección efectiva determinado con el ancho efectivo del ala en compresión calculado como:

$$b_e = 1.92t \sqrt{\frac{F_y}{E}} \left[1 - \frac{0.38}{b/t} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] \leq b$$

Pandeo local del alma:

- a) Para secciones compactas, no aplica el estado límite de pandeo local del alma.
- b) Para secciones con alas no compactas

$$M_n = M_p - (M_p - F_y * S_x) \left(0.305 \frac{h}{tw} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0.738 \right) \leq M_p$$

Dimensionamiento de elementos

Para la determinación de cargas se tomó en cuenta como carga muerta al peso propio del perfil (esto dependerá del elemento a ser dimensionado), acabados y

accesorios, además como carga viva o carga de servicio se utiliza la carga de escaleras o rutas de escape basados en la NEC-15.

Como lo recomienda la norma ecuatoriana de la construcción para pasamanos se utilizará lo establecido en la sección 4.5 del ASCE/SEI 7-10 donde establece una carga de 0.73 kN/m aplicado barandilla o riel superior.

Tabla 50

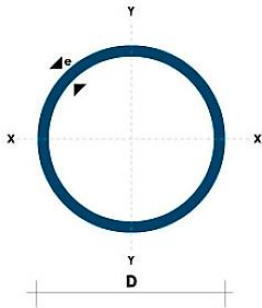
Valores de cargas establecidos por la NEC-15

Cargas de materiales	
Hormigón armado	2400 kg/cm^2
Enlucidos	2200 kg/cm^2
Cielo raso	200 kg/cm^2
Cargas de servicio	
Escaleras o rutas de escape	500 kg/cm^2
Pasamanos	100 kg/cm^2

La combinación más crítica de carga es 1.2CM+1.6CV.

Dimensionamiento de Pasamanos

- Selección de perfil

Propiedades		TC 2" x 1.5 mm
Diámetro	2"	 <p>Diagrama de un perfil circular TC 2" x 1.5 mm. El círculo está centrado en el origen de un sistema de coordenadas cartesianas con ejes x e y. El diámetro del círculo está etiquetado como 'D' en la parte inferior. Hay una flecha que apunta hacia el interior del círculo en el cuadrante superior izquierdo.</p>
Espesor	1.5 mm	
Masa	1.82 kg/m	
Área	2.32 cm^2	
I_x	7.06 cm^4	
S_y	2.78 cm^3	

- Determinación de cargas

Carga Muerta

$$CM = W \text{ perfil} \quad 1.82 \text{ kg/m}$$

Carga Viva

$$CV = W \text{ pasamanos} \quad 100.00 \text{ kg/m}$$

$$qu = 1.2CM + 1.6CV$$

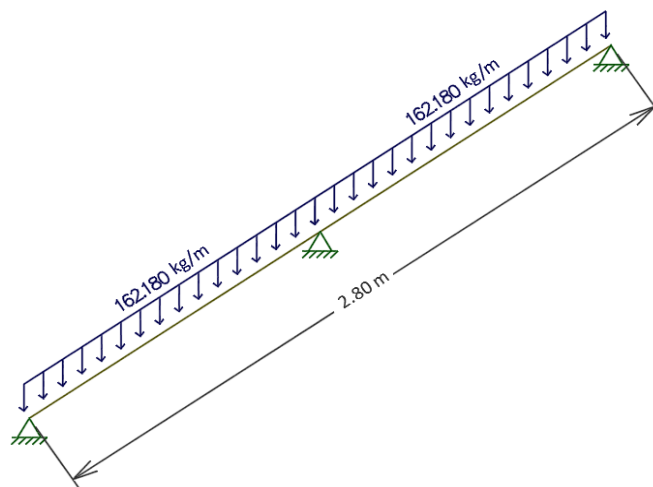
$$qu = 1.2(1.82) + 1.6(100)$$

$$qu = 162.18 \text{ kg/m}$$

- Determinación de reacciones y momentos

Figura 88

Modelo matemático de pasamanos



$$Mu(+) = 19.15 \text{ kg} * m$$

$$Mu(-) = 34.04 \text{ kg} * m$$

$$R_A = R_C = 92.62 \text{ kg}$$

$$R_B = 268.68 \text{ kg}$$

- Análisis por flexión

$$Mn = Sx * Fy$$

$$Mn = \frac{2.78cm^3 * 2530 kg/cm^2}{100} = 70.33 kg * m$$

$$Mu \leq \phi Mn \text{ (LRFD)}$$

$$Mu \leq 0.9 * 70.33$$

$$34.04 kg * m < 63.3 kg * m \rightarrow OK$$

- Análisis de pandeo lateral

$$Mn = \left(\frac{0.021 * E}{\frac{D}{t}} + Fy \right) * Sx$$

$$Mn = \left(\frac{0.021 * 2100000}{\frac{5.08}{0.15}} + 2530 \right) * 2.78$$

$$Mn = \frac{10653.52 kg * cm}{100} = 106.53 kg * m$$

$$Mn \leq \phi Mn \text{ (LRFD)}$$

$$Mn\phi < 0.9 * 106.53$$

$$34.04 kg * m < 95.88 kg * m \rightarrow OK$$

Dimensionamiento de Peldaños

- Selección de perfil

Propiedades		C 300 x 80x 4 mm
Altura	300 mm	
Base	80 mm	
Espesor	4 mm	
Masa	13.98 kg/m	
Área	17.87 cm ²	
I _x	2186 cm ⁴	
I _y	93.35 cm ⁴	
S _x	145.8 cm ³	
S _y	14.5 cm ³	

- Determinación de cargas

Carga Muerta

$$W_{\text{hormigón}} = 1.30 \cdot 0.30 \cdot 0.07 \cdot 2400 = 65.52 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{masillado}} = 1.30 \cdot 0.30 \cdot 0.01 \cdot 2200 = 8.58 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{perfil}} = 13.98 \text{ kg/m}$$

$$CM = 88.08 \text{ kg/m}$$

Carga Viva

$$W_{\text{personas}} = 1.30 \cdot 0.30 \cdot 500 \text{ kg/m}^2 = 180.00 \text{ kg/m}$$

$$CV = 180.00 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.2CM + 1.6CV$$

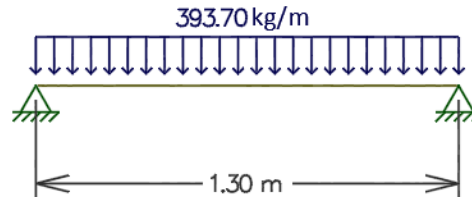
$$q_u = 1.2(88.08) + 1.6(180.00)$$

$$q_u = 393.70 \text{ kg/m}$$

- Determinación de reacciones y momentos

Figura 89

Modelo matemático peldaño



$$Mu(+) = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

$$Mu(+) = \frac{3 \cdot 1.30^2}{8}$$

$$Mu(+) = 83.17 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$R_A = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$R_A = R_B = \frac{393.70 \cdot 1.30}{2}$$

$$R_A = R_B = 255.91 \text{ kg}$$

- Análisis por flexión

$$Mp = Fy \cdot Zy$$

$$Mp = \frac{25.22 \text{ cm}^3 \cdot 2530 \text{ kg/cm}^2}{100} = 638.07 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$Mn = 1.6 \cdot Fy \cdot Sy$$

$$Mn = \frac{1.6 \cdot 14.5 \text{ cm}^3 \cdot 2530 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{100}$$

$$Mn = 586.96 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$Mu \leq \phi Mn \text{ (LRFD)}$$

$$Mu \leq 0.9 \cdot 586.96$$

$$83.17 \text{ kg} * m < 528.26 \text{ kg} * m \rightarrow OK$$

- Análisis del pandeo del ala

$$\lambda = \frac{b}{e}$$

$$\lambda = \frac{80}{4} = 20$$

$$\lambda = 20$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2100000}{2530}}$$

$$\lambda_p = 10.94$$

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.0 \sqrt{\frac{2100000}{2530}}$$

$$\lambda_r = 28.81$$

No compacto en flexión, por lo tanto:

$$M_p = F_y * S_y$$

$$M_n = \left[M_p - (M_p - 0.7 * F_y * S_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right]$$

$$M_n = \left[36685 - (36685 - 0.7 * 2530 * 14.5) \left(\frac{20 - 10.94}{28.81 - 10.94} \right) \right]$$

$$M_n = \frac{31105.26 \text{ kg} * m}{100} = 311.05 \text{ kg} * m$$

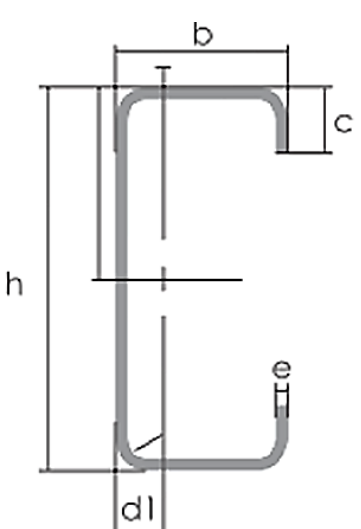
$$M_n \leq \phi M_n \text{ (LRFD)}$$

$$M_n < 0.9 * 311.05$$

$$83.17 \text{ kg} * m < 279.95 \text{ kg} * m \rightarrow OK$$

Vigas soporte de peldaños (Zanca)

- Selección de perfil

Propiedades		2G 150 x 50 x 15 x 3mm
Altura	150 mm	
Base	50 mm	
C	15 mm	
Espesor	3 mm	
Masa	6.07 kg/m	
Área	7.81 cm ²	
I _x	255.2 cm ⁴	
I _y	23.49 cm ⁴	
S _x	34.03 cm ³	
S _y	6.56 cm ³	

- Determinación de cargas

Carga Muerta

$$W_{\text{perfil}} = 2 \cdot 6.07 = 12.14 \text{ kg/m}$$

$$CM = 12.14 \text{ kg/m}$$

Carga Viva

$$P_p = 3 \cdot 268.68 = 806.04 \text{ kg}$$

$$CV = 806.04 \text{ kg}$$

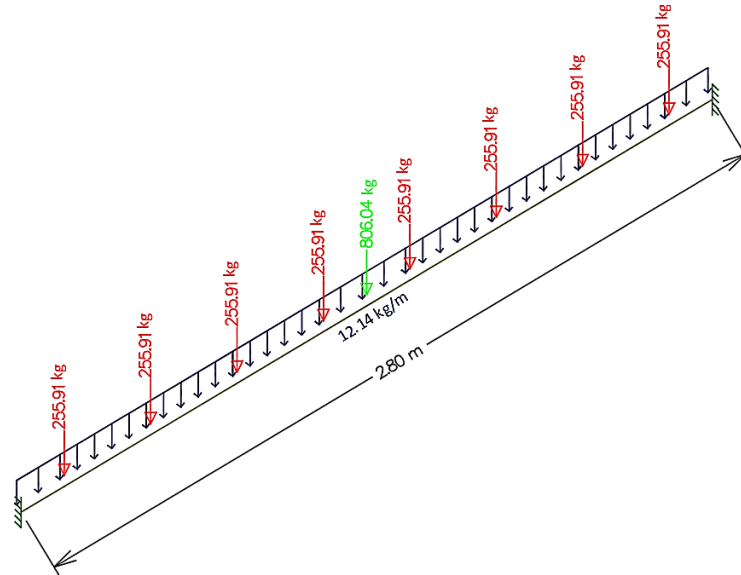
Fuerza Puntual de Peldaños

$$P_p = 255.91 \text{ kg}$$

- Determinación de reacciones y momentos

Figura 90

Reacciones y momentos en escaleras



$$R_A = R_B = 1443.37 \text{ kg}$$

$$Mu(-) = 661.26 \text{ kg} * m$$

$$Mu+ = 446.74 \text{ kg} * m$$

- Análisis por flexión

$$Mn = Fy * Zy$$

$$Mn = \frac{68.06 \text{ cm}^3 * 2530 \text{ kg/cm}^2}{100} = 1721.92 \text{ kg} * m$$

$$Mu \leq \phi Mn \text{ (LRFD)}$$

$$Mu \leq 0.9 * 1721.92$$

$$661.26 \text{ kg} * m < 1549.73 \text{ kg} * m \rightarrow OK$$

- Pandeo local del ala

Los perfiles tipo G se consideran compactos por el diente que presentan, por lo tanto, no aplica el estado límite de pandeo local del ala.

Vigas soporte de Zancas

- Selección de perfil

Propiedades		G 300 x 100 x 35 x 6mm
Altura	300 mm	
Base	105 mm	
C	35 mm	
Espesor	6 mm	
Masa	24.75 kg/m	
Área	31.8 cm ²	
I _x	4170.0 cm ⁴	
I _y	404.0 cm ⁴	
S _x	278.0 cm ³	
S _y	57.4 cm ³	

- Determinación de cargas

Carga Muerta

$$W_{\text{perfil}} = 2 * 24.75 = 49.50 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{DECK}} = 0.73\text{m} * 6.38 \text{ kg/m}^2 = 4.66 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{hormigón}} = 0.73\text{m} * 185.30 \text{ kg/m}^2 = 135.27 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{masillado}} = 1.00 * 0.73 * 0.01 * 2200 = 16.06 \text{ kg/m}$$

$$\text{CM} = 205.49 \text{ kg/m}$$

Carga Viva

$$W_{\text{personas}} = 1.00 * 0.73\text{m} * 500\text{kg/m}^2 = 365 \text{ kg/m}$$

$$CV = 365.00 \text{ kg/m}$$

Fuerza Puntual de pasamanos

$$Pp = 6 * 92.62 \text{ kg} = 555.72 \text{ kg}$$

Fuerza Puntual de zancas

$$Pz = 2 * 1443.37 = 2886.74 \text{ kg}$$

$$qu = 1.2CM + 1.6CV$$

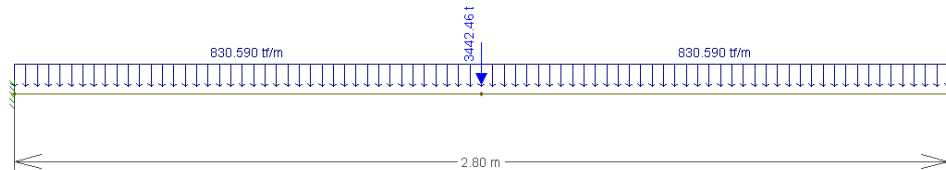
$$qu = 1.2(205.49) + 1.6(365.00)$$

$$qu = 830.59 \text{ kg/m}$$

- Determinación de reacciones y momentos

Figura 91

Modelo matemático viga soporte



$$Mu(-) = 1747.51 \text{ kg} * m$$

$$Mu(+) = 1476.19 \text{ kg} * m$$

$$R_A = R_B = 2884.05 \text{ kg}$$

- Análisis por flexión

$$Mn = Fy * Zx$$

$$Mn = \frac{145.42 \text{ cm}^3 * 2530 \text{ kg/cm}^2}{100} = 3679.13 \text{ kg} * m$$

$$Mu \leq \phi Mn \text{ (LRFD)}$$

$$Mu \leq 0.9 * 3679.13$$

$$1747.51 \text{ kg} * m < 3311.21 \text{ kg} * m \rightarrow OK$$

Columna interior

- Determinación de cargas

Fuerza Puntual de Zancas

$$P \text{ vigas} = 12 * 1443.37 = 17320.44 \text{ kg}$$

$$CM = 17320.44 \text{ kg}$$

Fuerza Puntual Descanso

$$P \text{ escalones} = 12 * 2842.15 = 34105.8 \text{ kg}$$

$$Pu = 51426.24 \text{ kg}$$

- Diseño estructural del elemento

$$\text{suponemos } \frac{KL}{r} = 50$$

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{Fy}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100000}{2530}} = 135.70$$

$$50 < 135.7$$

$$Fcr = \left(0.658 \frac{Fy}{Fe} \right) Fy$$

$$Fe = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2}$$

$$Fe = \frac{\pi^2 * 2100000}{50^2}$$

$$Fe = 8290.47 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = \left(0.658 \frac{2530}{8290.47} \right) * 2530$$

$$Fcr = 2226.63 \text{ kg/cm}^2$$

Área requerida

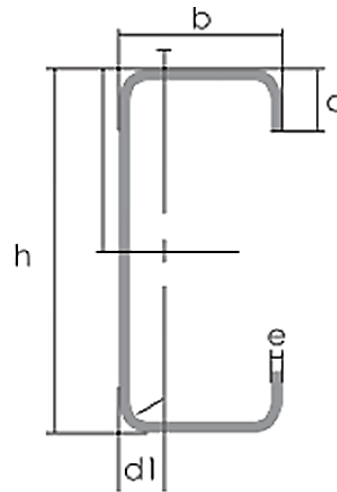
$$A_g = \frac{P_u}{\phi * F_{cr}}$$

$$A_g = \frac{51426.24}{0.9 * 2226.63}$$

$$A_g = 25.66 \text{ cm}^2$$

- Selección de perfil

Propiedades	2G 300 x 100 x 35 x 6mm
Altura	300 mm
Base	105 mm
C	35 mm
Espesor	6 mm
Masa	24.75 kg/m
Área	31.8 cm ²
I _x	4170.0 cm ⁴
I _y	404.0 cm ⁴
S _x	278.0 cm ³
S _y	57.4 cm ³



$$A = 2 * 31.8 = 63.60 \text{ cm}^2$$

$$25.66 \text{ cm}^2 < 63.60 \text{ cm}^2 \rightarrow OK$$

Diagonales

Para obtener una mayor rigidez en la estructura se colocarán diagonales de acero para disminuir las derivas excesivas en el sentido más corto.

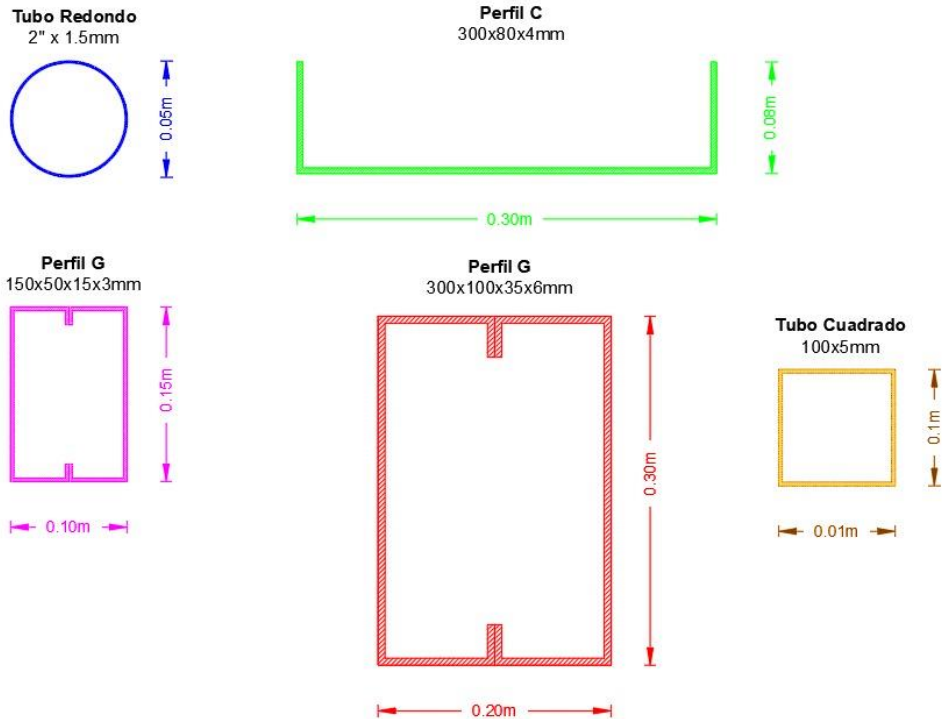
Propiedades		TC 100 x 5mm
Altura	100 mm	
Espesor	5 mm	
Masa	14.4 kg/m	
Área	18.36 cm ²	
Ix	270.57 cm ⁴	
Sx	54.11 cm ³	

Resumen de perfiles

Luego de haber preseleccionado los perfiles a utilizarse en la estructura se procede a realizar un análisis dinámico el cual nos permite verificar los controles respectivos.

Figura 92

Dimensiones de perfiles

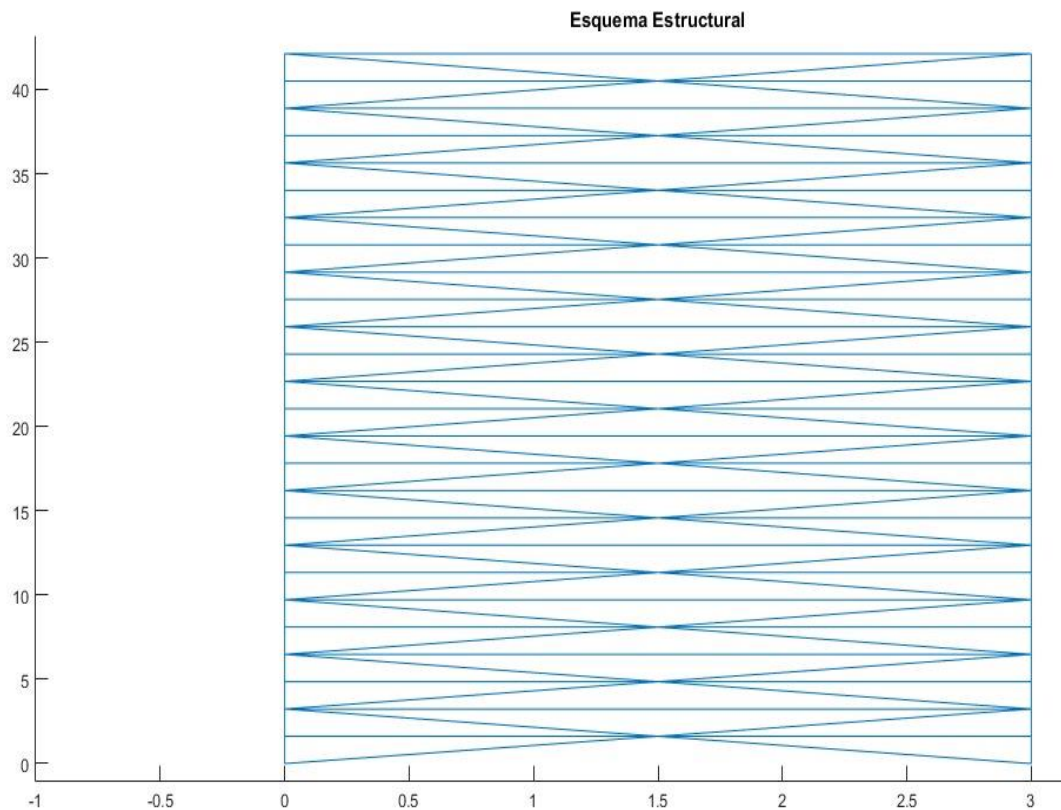


Análisis de pórticos Arriostrados con diagonales en forma de X

Para el análisis de la escalera se realizó un análisis estático equivalente y modal espectral, utilizando el programa computacional CEINCI-LAB desarrollado por el Dr. Roberto Aguiar y su grupo de colaboradores.

Figura 93

Geometría General del Pórtico



Una vez determinada la geometría del pórtico, se ingresa las propiedades y dimensiones de los elementos y de los materiales, así como las cargas obtenidas según la NEC y también el tipo de suelo, zona sísmica la región, el factor de importancia, el factor de reducción de la fuerza sísmica y factores de regularidad tanto en planta como elevación para el análisis sísmico con el espectro NEC-15.

is=4; Suelo D

$i_z=6$; Zona sísmica = 0.5g

$i_p=1$; Región Costa

Importancia = 1.5; Factor de importancia

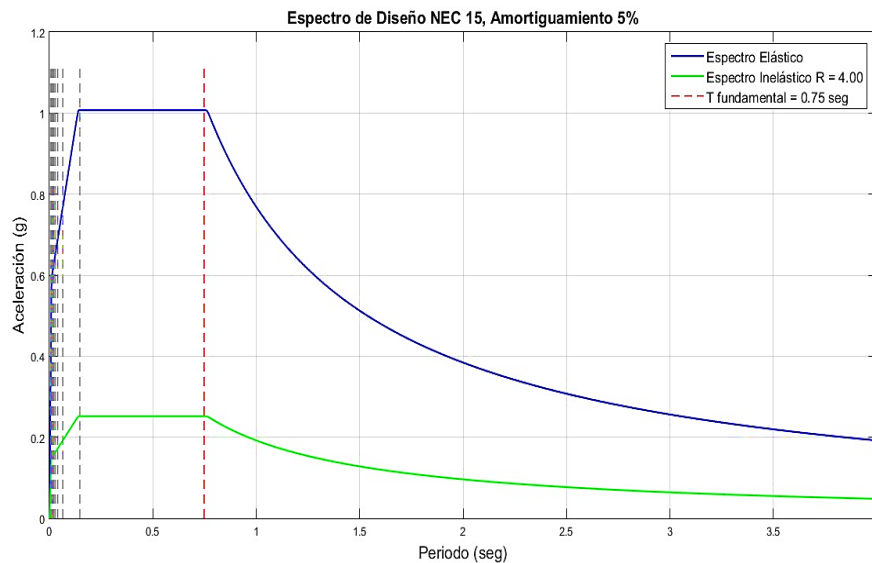
$R = 4$; Factor de reducción de la fuerza sísmica

$\Phi_p=1$; $\Phi_e=1.0$; Factores de planta y elevación

$\zeta=0.05$; Amortiguamiento

Figura 94

Espectro de Diseño



Con la inclusión de diagonales en forma de X se puede notar que las derivas están bajo el límite permisible que es de 2%. Por tal motivo el diseño con diagonales garantiza un mejor comportamiento bajo cargas laterales, inducidas por sismos aumentando su rigidez por los diferentes elementos de acero que aportan a su rigidez total.

El uso de diagonales forma de X garantiza un mejor comportamiento de la estructura, aumentando su rigidez y de la misma manera se puede observar que el uso de estos elementos favorece que la deriva sea menor al límite máximo permisible que es el 2%.

Figura 95

Desplazamiento, deriva por piso y Corte por piso

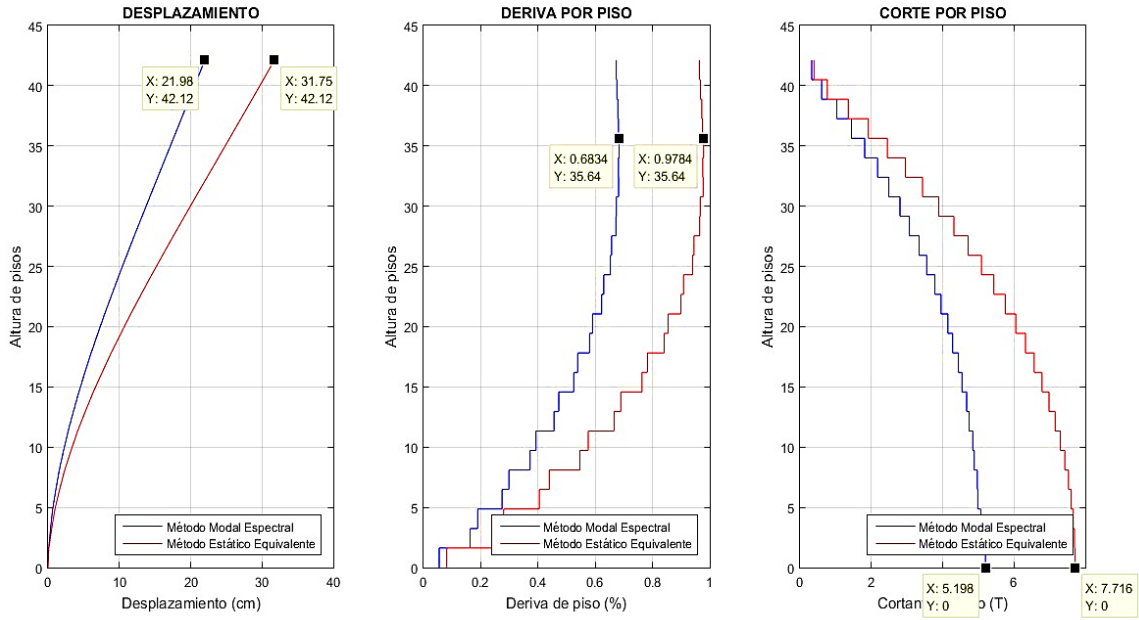


Figura 96

Modelamiento de la escalera

**Presupuesto de escalera**

Para el presupuesto de esta estructura se realizó mediante análisis de precios unitarios, se procedió a calcular la cantidad de obra basándonos en los planos y considerando los precios del mercado actual, por lo cual se pudo estimar el costo del proyecto.

Figura 97

Rubro pintura laca automotriz en pasamanos


NOMBRE DEL PROYECTO		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS EVALUACIÓN VERTICAL MANTA				
RUBRO:	PINTURA LACA AUTOMOTRIZ EN PASAMANOS				UNIDAD:	Hoja 1 de 11
CODIGO:	500847					m
DETALLE:						
EQUIPO						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Herramienta menor	1.00	0.20	0.20	0.2500	0.05	
SUB - TOTAL (M)					0.05	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Peon en General (Estr.Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.1000	0.36	
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.66	3.66	0.1000	0.37	
SUB - TOTAL (N)					0.73	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL		
		A	B	C = A x B		
Pintura automotriz	gl	0.01	16.28	0.16		
Laca automotriz	gl	0.01	5.11	0.05		
Lija	hoja	0.20	0.50	0.10		
Thinner		0.02	7.29	0.15		
SUB - TOTAL (O)					0.46	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL	
		A	B	C	D = A x B x C	
SUB - TOTAL (P)					0.00	
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					1.24	
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					0.25	
UTILIDAD					0.00	
PRECIO DE CALCULO					1.49	
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					1.49	

Figura 98

Rubro pasamanos de metal (tubos de acero inoxidable)


NOMBRE DEL PROYECTO		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS EVALUACIÓN VERTICAL MANTA				
RUBRO:	PASAMANOS DE METAL (TUBOS DE ACERO INOXIDABLE)					Hoja 2 de 11 m
CODIGO:	503951					
DETALLE:	UNIDAD:					
EQUIPO						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Herramienta menor	1.00	0.20	0.20	0.5000	0.10	
SUB - TOTAL (M)					0.10	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Fierrero (Estr.Oc D2)	1.00	3.66	3.66	0.5000	1.83	
Ayudante de Fierrero (Estr. Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.5000	1.81	
Inspector (Estr.Oc B3)	0.10	4.07	0.41	0.5000	0.20	
SUB - TOTAL (N)					3.84	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL		
		A	B	C = A x B		
Pasamanos de metal (Inc. Instalación)	m	1.00	28.96	28.96		
SUB - TOTAL (O)				28.96		
TRANSPORTE						
DESCRIPCION		DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL		
	A	B	C	D = A x B x C		
SUB - TOTAL (N)					0.00	
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					32.90	
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					6.58	
UTILIDAD					0.00	
PRECIO DE CALCULO					39.48	
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					39.48	

Figura 99

Rubro hormigón en gradas (premezclado)


NOMBRE DEL PROYECTO		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS EVALUACIÓN VERTICAL MANTA				
RUBRO:	HORMIGON EN GRADAS (PREMEZCLADO)				Hoja 3 de 11	
CODIGO:	505211				UNIDAD: m3	
DETALLE:						
EQUIPO						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Herramienta manual	1.00	2.00	2.00	0.0010	0.00	
Vibrador	1.00	2.00	2.00	0.0010	0.00	
Bomba para homigon	1.00	2.00	2.00	0.0010	0.00	
SUB - TOTAL (M)					0.00	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C = A x B	R	D = C x R	
Peon en General (Estr.Oc E2)	4.00	3.62	14.48	0.0010	0.01	
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.66	3.66	0.0010	0.00	
SUB - TOTAL (N)					0.01	
MATERIALES						
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL		
		A	B	C = A x B		
Hormigon premezclado f'c=280 kg/cm2 rev 18 cm	m2	1.05	88.16	92.57		
SUB - TOTAL (O)					92.57	
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL	
		A	B	C	D = A x B x C	
Hormigon premezclado	m3	1.05	120.00	0.05	6.3000	
SUB - TOTAL (N)					6.30	
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					98.88	
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					19.78	
UTILIDAD					0.00	
PRECIO DE CALCULO					118.66	
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					118.66	

Figura 100

Rubro losa (malla +conectores de corte)

NOMBRE DEL PROYECTO		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS			
		EVALUACIÓN VERTICAL MANTA			
RUBRO:		LOSA (MALLA + CONECTORES DE CORTE)			
CODIGO:		506201			
DETALLE:		UNIDAD:		Hoja 4 de 11 m3	
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Vibrador	1.00	2.00	2.00	0.2000	0.40
Herramienta manual	1.00	2.00	2.00	0.2000	0.40
SUB - TOTAL (M)					0.80
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	3.00	3.66	10.98	0.2000	2.20
Inspector (Estr.Oc B3)	1.00	4.07	4.07	0.2000	0.81
Peon en General (Estr.Oc E2)	3.00	3.62	10.86	0.2000	2.17
Carpintero (Estr.Oc D2)	2.00	3.66	7.32	0.2000	1.46
SUB - TOTAL (N)					6.64
MATERIALES					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Curador	kg	1.00	1.36	1.36	
Malla electrosoldada 9.10	m2	2.00	11.98	23.96	
Clavos		3.00	4.00	12.00	
Hormigon premezclado f'c=280 kg/cm2 rev 18 cm	m2	1.05	88.16	92.57	
AUX: ENCOFRADO LOSA E=0.2 - 0.30	m2	6.00	20.94	125.64	
SUB - TOTAL (O)					255.53
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
SUB - TOTAL (N)					0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					262.97
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					52.59
UTILIDAD					0.00
PRECIO DE CALCULO					315.56
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					315.56

Figura 101

Rubro deck metálico 0.65 mm


NOMBRE DEL PROYECTO		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS			
		EVALUACIÓN VERTICAL MANTA			
					
RUBRO:	DECK METALICO 0,65mm				
CODIGO:	517256				Hoja 5 de 11
DETALLE:					UNIDAD: m2
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	0.60	0.20	0.12	0.0500	0.01
SUB - TOTAL (M)					0.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en General (Estr.Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.0500	0.18
Maestro Mayor (Estr. Oc C1)	0.10	4.06	0.41	0.0500	0.02
Fierrero (Estr.Oc D2)	1.00	3.66	3.66	0.0500	0.18
SUB - TOTAL (N)					0.38
MATERIALES					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Deck metálico	m2	1.00	11.00	11.00	
SUB - TOTAL (O)					11.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION		DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL	
	A	B	C	D = A x B x C	
SUB - TOTAL (N)					0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					11.39
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					2.28
UTILIDAD					0.00
PRECIO DE CALCULO					13.67
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					13.67

Figura 102

Rubro acero estructural

NOMBRE DEL PROYECTO		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS			
		EVALUACIÓN VERTICAL MANTA			
RUBRO:		ACERO ESTRUCTURAL			
CODIGO:		517260			
DETALLE:		UNIDAD:		Hoja 6 de 11 kg	
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	0.40	0.20	0.08	0.0400	0.00
Compresor	1.00	1.80	1.80	0.0400	0.07
Soldadora	1.00	2.00	2.00	0.0400	0.08
Amoladora	1.00	2.00	2.00	0.0400	0.08
Camión pluma	1.00	5.00	5.00	0.0400	0.20
Cortador plasma	1.00	1.00	1.00	0.0400	0.04
SUB - TOTAL (M)					0.47
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en General (Estr.Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.0400	0.14
Maestro Mayor (Estr. Oc C1)	0.10	4.06	0.41	0.0400	0.02
Fierrero (Estr.Oc D2)	1.00	3.66	3.66	0.0400	0.15
SUB - TOTAL (N)					0.31
MATERIALES					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Acero estructural ASTM-36 en perfiles		1.02	1.25	1.27	
Fondo anticorrosivo	gl	0.00	15.00	0.00	
DILUYENTE	gl	0.00	7.29	0.00	
Pintura esmalte	gl	0.00	15.55	0.00	
Electrodos	kg	0.01	3.00	0.03	
SUB - TOTAL (O)					1.30
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
SUB - TOTAL (N)					0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					2.08
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					0.42
UTILIDAD					0.00
PRECIO DE CALCULO					2.50
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					2.50

Figura 103

Rubro cielo raso de gypsum para humedad (inc. Estucado y pintura)


NOMBRE DEL PROYECTO		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS			
		EVALUACIÓN VERTICAL MANTA			
					
RUBRO:	CIELO RASO DE GYPSUM PARA HUMEDAD (INC. ESTUCADO Y PINTURA)				
CODIGO:	518129				Hoja 7 de 11
DETALLE:		UNIDAD:			m2
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	1.00	0.20	0.20	0.4500	0.09
Andamio	0.30	0.15	0.04	0.4500	0.02
SUB - TOTAL (M)					0.11
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.68	3.68	0.4500	1.65
Peon en General (Estr.Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.4500	1.63
SUB - TOTAL (N)					3.28
MATERIALES					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Gypsum verde para mamposteria	m2	1.00	5.50	5.50	
Perfil stud 3 5/8" x 8"	U	0.45	1.50	0.68	
Perfil track 3 5/8" x 8"		0.35	1.75	0.61	
Angulo galvanizado 3/4"x3/4"	U	0.35	1.50	0.52	
Cinta cubrejuntas	rollo	0.02	2.50	0.05	
TORNILLOS		3.00	0.07	0.21	
Perfil Omega	U	0.45	2.00	0.90	
SUB - TOTAL (O)					8.47
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
SUB - TOTAL (N)					0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					11.86
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					2.37
UTILIDAD					0.00
PRECIO DE CALCULO					14.23
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					14.23

Figura 104

Presupuesto masillado y escobillado en descansos

NOMBRE DEL PROYECTO		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS			
		EVALUACIÓN VERTICAL MANTA			
RUBRO:		MASILLADO Y ESCOBILLADO EN DESCANSOS			
CODIGO:		518597			
DETALLE:		UNIDAD:		Hoja 8 de 11 m2	
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual	2.00	2.00	4.00	0.7000	2.80
SUB - TOTAL (M)					2.80
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en General (Estr.Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.7000	2.53
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.66	3.66	0.7000	2.56
Inspector (Estr.Oc B3)	0.10	4.07	0.41	0.7000	0.28
SUB - TOTAL (N)					5.37
MATERIALES					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:3	m3	0.02	107.76	2.16	
SUB - TOTAL (O)					2.16
TRANSPORTE					
DESCRIPCION		DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL	
	A	B	C	D = A x B x C	
SUB - TOTAL (N)					0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					10.33
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					2.07
UTILIDAD					0.00
PRECIO DE CALCULO					12.40
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					12.40

Figura 105

Rubro masillado y escobillado de peldaños

NOMBRE DEL PROYECTO		ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS			
		EVALUACIÓN VERTICAL MANTA			
RUBRO:		MASILLADO Y ESCOBILLADO DE PELDAÑOS			
CODIGO:		518598			
DETALLE:		UNIDAD:		Hoja 9 de 11 m2	
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual	2.00	2.00	4.00	0.7000	2.80
SUB - TOTAL (M)					2.80
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en General (Estr.Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.7000	2.53
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.66	3.66	0.7000	2.56
Inspector (Estr.Oc B3)	0.10	4.07	0.41	0.7000	0.28
SUB - TOTAL (N)					5.37
MATERIALES					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
AUX: MORTERO CEMENTO:ARENA 1:3	m3	0.02	107.76	2.16	
Impemeabilizante para morteros/sika 1	kg	1.00	1.30	1.30	
SUB - TOTAL (O)					3.46
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
SUB - TOTAL (P)					0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					11.63
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					2.33
UTILIDAD					0.00
PRECIO DE CALCULO					13.96
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					13.96

Figura 106

Presupuesto picado y resane general

NOMBRE DEL PROYECTO		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS			
		EVALUACIÓN VERTICAL MANTA			
RUBRO:	PICADO Y RESANE GENERAL				
CODIGO:	518599				
DETALLE:	UNIDAD:				Hoja 10 de 11 m2
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta manual	1.00	2.00	2.00	0.0900	0.18
SUB - TOTAL (M)					0.18
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en General (Estr.Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.0900	0.33
Albañil (Estr.Oc D2)	1.00	3.66	3.66	0.0900	0.33
Inspector (Estr.Oc B3)	1.00	4.07	4.07	0.0900	0.37
SUB - TOTAL (N)					1.03
MATERIALES					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Cemento	kg	12.00	0.16	1.92	
Agua	m3	0.01	1.25	0.01	
Arena		0.03	9.00	0.27	
SUB - TOTAL (O)					2.20
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
SUB - TOTAL (P)					0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					3.41
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					0.68
UTILIDAD					0.00
PRECIO DE CALCULO					4.09
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					4.09

Figura 107

Rubro limpieza de obra


NOMBRE DEL PROYECTO		ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS			
NOMBRE DEL OFERENTE		ESCALERAS METÁLICAS BUZIOS			
		EVALUACIÓN VERTICAL MANTA			
RUBRO:	LIMPIEZA DE OBRA				
CODIGO:	518600				
DETALLE:					
				UNIDAD:	Hoja 11 de 11 m2
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	1.00	0.20	0.20	0.2800	0.06
SUB - TOTAL (M)					0.06
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JOR. / HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Inspector (Estr.Oc B3)	0.10	4.07	0.41	0.2800	0.11
Peon en General (Estr.Oc E2)	1.00	3.62	3.62	0.2800	1.01
SUB - TOTAL (N)					1.12
MATERIALES					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
				0.00	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA	COSTO TOTAL	
		B	C	D = A x B x C	
				0.00	
SUB - TOTAL (N)					0.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					1.18
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 20					0.24
UTILIDAD					0.00
PRECIO DE CALCULO					1.42
PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$					1.42

Tabla 51*Presupuesto Referencial*

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ESTRUCTURA					
1	DECK METALICO 0,65mm	m2	110.82	13.67	1,514.91
2	HORMIGON EN GRADAS (PREMEZCLADO)	m3	30.00	118.66	3,559.80
3	LOSA (MALLA + CONECTORES DE CORTE)	m3	15.00	315.56	4,733.40
4	ACERO ESTRUCTURAL	kg	5,200.00	2.50	13,000.00
ENLUCIDOS					
5	MASILLADO Y ESCOBILLADO EN DESCANSOS	m2	79.08	12.40	980.59
6	MASILLADO Y ESCOBILLADO DE PELDAÑOS	m2	208.00	13.96	2,903.68
REVESTIMIENTO EN PAREDES Y TUMBADO					
7	CIELO RASO DE GYPSUM PARA HUMEDAD (INC. ESTUCADO Y PINTURA)	m2	103.00	14.23	1,465.69
CARPINTERIA ALUMINIO METAL/MADERA					
8	PASAMANOS DE METAL (TUBOS DE ACERO INOXIDABLE)	m	220.00	39.48	8,685.60
9	PINTURA LACA AUTOMOTRIZ EN PASAMANOS	m	220.00	1.49	327.80
RESANE Y LIMPIEZA					
10	PICADO Y RESANE GENERAL	m2	1.90	4.09	7.77
11	LIMPIEZA DE OBRA	m2	100.00	1.42	142.00
TOTAL					37,321.24

El monto del proyecto es de TREINTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS VEINTE Y UN dólares VEINTE Y CUATRO centavos (USD \$ 37,321.24) sin IVA, el presupuesto se elaboró de acuerdo a los precios unitarios que intervienen en el proyecto.

Capítulo V

Guía metodológica para la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre peligro ante tsunamis y diseño de estructuras para evacuación vertical tomando como base la guía estadounidense FEMA P-646 de agosto 2019

Este capítulo se centra en profundizar la guía metodológica sobre el diseño de edificios de evacuación vertical para garantizar la seguridad de los habitantes en caso de un tsunami de corto plazo y de alto riesgo.

Según (Heintz & Mahoney, 2008) un refugio vertical de tsunamis es un edificio o montículo de tierra lo suficientemente alto como para elevar a las personas desplazadas por encima del nivel de una inundación de tsunami y están diseñados y construidos con gran resistencia y durabilidad para resistir la acción de las olas. Pudiendo ser el caso que en ciertos lugares no existan terrenos elevados o que los tsunamis no permitan suficiente tiempo de advertencia para que la personas evacuen las zonas bajas. Si la evacuación horizontal fuera de la zona de inundación del tsunami no sea posible ni poco práctica, una posible solución es los pisos superiores de estructuras diseñadas y detalladas para resistir los efectos del tsunami.

Según (Cañamar et al., 2021) la guía metodológica elaborada para lo norma ecuatoriana de la construcción sobre peligro ante tsunamis y diseño de estructuras para evacuación vertical fue elaborada por recomendaciones y diseños presentados en la FEMA (Federal Emergency Management Agency), además de los aprendizajes obtenidos de la evaluación de edificios y las opiniones de los arquitectos e ingenieros responsables de estos edificios en el área de estudio.

Vialidad del diseño resistente a tsunami

La presencia de tsunamis conduce a daños extensos y, a menudo, a la destrucción completa del edificio, lo que se ha abordado en muchos estudios de casos,

FEMA P646 enfatiza que existen estructuras de poca altura construida con tabiquerías de madera o acero de bajo espesor. Señala que hay evidencia de una respuesta deficiente, pero hay numerosos ejemplos de estructuras de ingeniería de nivel medio-alto que sobrevivieron a la inundación del tsunami. El daño estructural de los tsunamis se puede atribuir a:

- Fuerzas hidrostáticas e hidrodinámicas directas de la inundación de agua
- Fuerzas de impacto de escombros transportados por el agua
- Propagación del fuego por escombros flotantes y líquidos combustibles
- Socavación y fallas en pendientes/cimientos
- Fuerzas del viento inducidas por el movimiento de las olas
- Fuerzas de izamiento en pisos elevados
- Cargas gravitacionales en pisos elevados
- Se debe considerar también el escurrimiento del agua sobre el suelo de la fundación y sobre taludes, especialmente la socavación.

Los estudios históricos de los daños causados por los tsunamis han demostrado que la capacidad de un edificio depende del tipo de estructura y de la altura del tsunami (Yeh et al., 2005). Las observaciones sugieren que ciertos tipos de estructuras son destruidas en gran parte por el flujo de agua de alta velocidad, pero existe una amplia evidencia de que un sistema estructural bien diseñado puede resistir las inundaciones. Esto permite considerar la evacuación vertical como una alternativa eficaz cuando no es posible la evacuación horizontal fuera del área inundada (Heintz & Mahoney, 2008).

El tsunami del Océano Índico de 2004 y el tsunami de Tohoku, Japón de 2011, y el estudio de marejadas ciclónicas de 2005 relacionado con el huracán Katrina, muestran respuestas a la devastación de los tsunamis y las inundaciones costeras. Los edificios

residenciales están muy dañados y, a menudo, completamente destruidos, pero hay muchos ejemplos de estructuras de mediana altura que han sobrevivido a las inundaciones costeras (FEMA, 2019).

Implicación para el diseño resistente a tsunamis presentados para la NEC

La guía de recomendaciones para el diseño de estructuras para la evacuación vertical (FEMA P646) detalla estrategias y consideraciones a tener en cuenta al diseñar edificios para la construcción de evacuación frente a amenazas de tsunami (FEMA, 2019).

El documento de FEMA nos proporciona gran detalle de recomendaciones y consideraciones tanto para cargas de diseño y cálculo estructural para estructuras sometidas a un tsunami. De la misma manera nos sugiere algunas fórmulas de pre-dimensionamiento, que vale la pena tener en consideración.

Las recomendaciones para el diseño de la estructura de un refugio de evacuación vertical hablan de que ellas deben proveer

- Sistemas robustos con capacidad de reserva para resistir fuerzas extremas-
- Sistemas estructurales abiertos que permitan el paso del flujo de agua con una mínima oposición.
- Ser sistemas dúctiles que resistan esfuerzos extremos sin falla.
- Ser sistemas redundantes que puedan experimentar fallas parciales sin comprometer el colapso progresivo de la estructura.
- En caso de requerirse cerramientos en los niveles inferiores, se sugiere que se trate de paneles colapsables.

La (FEMA, 2019) nos muestra observaciones actuales de eventos históricos de tsunamis y huracanes y el impacto estructural de los edificios afectados por estos eventos, para aprender de los errores del pasado. A continuación, se muestra una serie

de imágenes tomadas por FEMA que muestran el daño estructural causado por tsunamis y huracanes.

Tsunami de Okushiri de 1993

El tsunami destruyó por completo toda la ciudad de Aonae. La siguiente figura muestra el deterioro de los cimientos de hormigón después del tsunami.

La proximidad de la fuente del tsunami a las zonas costeras densamente pobladas destaca la necesidad de mejores sistemas de preparación y mitigación para futuros tsunamis. El incidente de Okushiri de 1993 ha sido ampliamente documentado y estudiado por científicos y agencias de protección civil, y se ha aprendido mucho sobre cómo mitigar los impactos futuros del tsunami (Prierer, 2011).

Figura 108

Destrucción causada por el impacto de los escombros transportados por el agua del tsunami de Okushiri de 1993



Nota. Destrucción total de un grupo de casas con estructura de madera en la aldea de Aonae, isla Okushiri, Japón, tsunami de Okushiri de 1993 tomado de (Yeh et al., 2005)

Tsunami de Nicaragua de 1992

La ola alcanzó 4 y 10 metros de altura y fue causada por un terremoto muy fuerte en el fondo del océano.

Este tsunami proporciona más ejemplos de cambios en el comportamiento de varias estructuras. La Figura 109 a continuación muestra la erosión severa y la destrucción completa de una casa con armazón de madera (izquierda) y la presencia de marcos de madera elevados y mampostería rígida (derecha). Las tres casas están en la playa en el mismo barrio, a menos de 200 metros de distancia (FEMA, 2019).

Figura 109

Casas de playa con diferentes niveles de daño



Nota. Casas de playa con diferentes niveles de daño en El Popoyo, Nicaragua, tsunamí de 1992 en Nicaragua. Tomado de: (Yeh et al., 2005)

Tsunami del Océano Índico de 2004

El tsunami de 2004 en el Océano Índico provocó grandes daños y esto confirmó las observaciones de datos históricos sobre el impacto del tsunami y proporcionó nueva evidencia de los efectos observados. La siguiente figura muestra una casa dañada en Devanaanpattinam, India. La inundación de la casa erosionó severamente los cimientos

y la presión del agua explotó desde la pared del fondo. Este tipo de daño es común en edificios de mampostería (FEMA, 2019).

Figura 110

Casa de playa de mampostería dañada



Nota. Casa de playa de mampostería dañada en Devanaanpattinam, India, tsunami del Océano Índico de 2004. Tomado de (FEMA, 2019)

Muchos edificios de ingeniería sobrevivieron al tsunami del Océano Índico de 2004. En algunos casos, los elementos estructurales de los pisos inferiores presentaron daños, pero la estructura rara vez colapsó por completo. Un ejemplo de un edificio es una mezquita a la orilla del agua en Urile, Banda Aceh, como se muestra en la figura siguiente. La profundidad de la inundación de la mezquita fue de unos 10 metros (justo debajo del techo) y las ciudades circundantes fueron destruidas. La mezquita resultó gravemente dañada, pero sigue en pie (FEMA, 2019).

Figura 111

Ejemplo de mezquita de hormigón armado



Nota. Ejemplo de mezquita de hormigón armado superviviente en Uleele, Banda Aceh, Indonesia, tsunami del Océano Índico de 2004 (foto cortesía de J. Borerro). Tomada de (FEMA, 2019).

Tsunami de Tohoku de 2011

Durante el tsunami de Tohoku de 2011, la profundidad de la inundación del tsunami fue de entre 5 y 30 metros o más a lo largo del área de Tohoku. En este caso, hubo un colapso completo de la construcción de viviendas residenciales en casi el 100% de todas las áreas afectadas que se extienden hasta el final del límite de la inundación. En áreas comerciales e industriales, entre el 75% y el 95% de los edificios de poca altura se derrumbaron, los edificios de 5 pisos o más son raros en estas áreas costeras inundadas.

En la Figura 112 se muestran los niveles de destrucción de la zona de inundaciones y tsunamis. A pesar de esta devastación, algunos edificios sobrevivieron al tsunami sin perder la integridad estructural del sistema ni los cimientos, una parte

significativa de los edificios supervivientes no parece haber sufrido daños estructurales importantes (FEMA, 2019).

Figura 112

Escena de devastación casi total en Minamisanriku, Japón



Nota. Escena de devastación casi total en Minamisanriku, Japón, tsunami de Tohoku de 2011. Tomado de (FEMA, 2019)

Luego del terremoto que provocó el tsunami, aproximadamente 30 minutos después, la ciudad de Ishinomaki se inundó, en este lugar únicamente se designó tres edificios para una evacuación vertical. Aquellas personas que no pudieron realizar una evacuación horizontal hacia un terreno elevado, utilizaron más de 260 edificios para una evacuación vertical (Fraser et al., 2012).

Por este accionar más de 50.000 personas se salvaron, ya que los edificios utilizados proporcionaron una altura suficiente y resistencia estructural ante esta amenaza. Esto nos muestra la ventaja de la resistencia potencial de edificios modernos más grandes que cuentan con diseños sísmicos robustos y cimientos resistentes a la erosión y la elevación, más aún cuando no están diseñados para resistir los efectos de las inundaciones por tsunami (FEMA, 2019).

Durante este evento la mayoría de los edificios de hormigón armado sufrieron daños considerables, muchos de los cuales fueron parcial o completamente destruidos. En la Figura 113 se puede observar que en la ciudad de Onagawa algunos edificios sufrieron volcamiento a causa del tsunami. Al haber sido construidos sobre pilotes, fallaron por corte en la unión con los dados de fundación producto del terremoto. Las fuerzas laterales generadas por la presión del agua y posiblemente la licuación del suelo de fundación contribuyeron al volcamiento y colapso de la estructura. La mayoría de edificios con daños estructurales fueron construidos hace varios años utilizando códigos de diseño, en cuyo análisis no se incluían la fuerza del flujo generado por un tsunami (Shibayama et al., 2012).

Figura 113

Edificio de hormigón armado fundado sobre pilotes



Nota. Edificio de hormigón armado fundado sobre pilotes volcado por el tsunami de Onagawa. Tomado de (Shibayama et al., 2012).

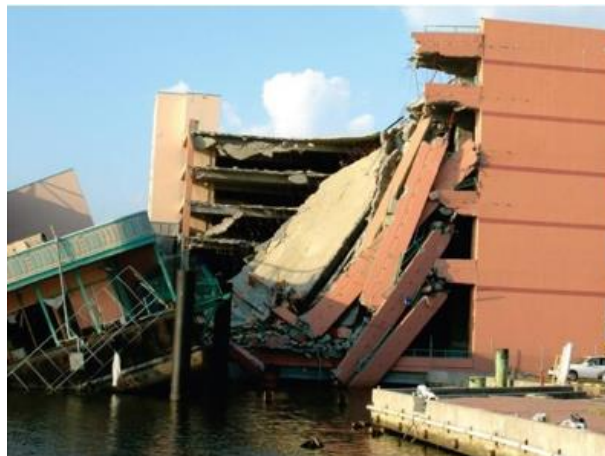
Huracán Katrina de 2005

Durante el huracán Katrina en 2005, se valoró que la marejada ciclónica máxima en la costa del Golfo de Mississippi fue de entre 7.5 y 8.5 metros. Como consecuencia se tuvo una extensa inundación de regiones costeras bajas desde Nueva Orleans, Luisiana hasta Mobile, Alabama.

Con las experiencias obtenidas de tsunamis anteriores, este huracán mostró los efectos del impacto de los escombros y las represas. En la figura 114 se muestra la estructura de un estacionamiento, el impacto de un casino montado en una barcaza falló en una columna de nivel inferior, provocando que las partes adyacentes de la estructura hayan sufrido un colapso progresivo (FEMA, 2019).

Figura 114

Colapso progresivo de los pisos superiores de un estacionamiento



Nota. Colapso progresivo de los pisos superiores de un estacionamiento debido al daño en las columnas del nivel inferior por el impacto de un casino adyacente montado en una barcaza, huracán Katrina 2005. Tomado de (FEMA, 2019).

Se han presentado varios tsunamis y huracanes que han provocado inundaciones y, a su vez una variedad de daños a edificaciones, llegando a la conclusión de que la

supervivencia de los edificios depende tanto del tipo de construcción como de la profundidad de inundación. El flujo de agua a alta velocidad es una de las causas por las cuales ciertos tipos de construcciones son destruidas, no obstante, se tiene evidencia de que un sistema estructural diseñado adecuada y apropiadamente es capaz de soportar la inundación que provoca el tsunami, teniendo únicamente daños no estructurales en los niveles inferiores. Lo mencionado anteriormente permite considerar la evacuación vertical como una alternativa viable para el caso de Manta en el que la evacuación horizontal total, fuera de la zona de inundación no es factible, o no es prácticamente alcanzable dentro del tiempo antes de la llegada de la ola, para la población afectada (FEMA, 2019).

Un diseño adecuado y la contemplación de otras características hacen posible que en nuestro país se pueda construir edificios para evacuación vertical, apoyándose en las evidencias de edificios que han resistido a grandes eventos de tsunamis, estas consideraciones no representan un incremento significativo en su costo al momento de diseñarlas. La guía metodológica presentada ofrece atributos de diseño, los cuales deben ser considerados por aquellos sectores con riesgo a ser golpeados ante un eventual tsunami, con la finalidad de contar con opciones de evacuación para la población y de esta manera resguardar su vida.

Basándose en las observaciones obtenidas de los tsunamis y huracanes mostrados previamente, se ha desencadenado varias implicaciones para el diseño de estructuras resistentes a tsunamis, las cuales fueron tomados de la (FEMA, 2019).

- Las estructuras de evacuación vertical deben ser de acero o de hormigón armado bien diseñado, y contar con una altura que garantice la seguridad de quienes buscan refugio, inclusive en el caso en que el tsunami exceda al evento de tsunami de diseño.

- Para el caso de los peligros de tsunami ocasionados por fuentes cercanas, las estructuras deberán diseñarse tanto para los efectos de carga sísmica y de tsunami, considerando problemas de acceso, incluyendo la funcionalidad de los sistemas de circulación vertical posterior al terremoto y disponibilidad de energía de emergencia.
- Estas estructuras deberán ubicarse lejos de la zona de rompimiento de olas.
- Es importante tener en cuenta las fuerzas de impacto, así como los efectos de las represas de los escombros que sean transportados por el agua.
- En el caso de que los niveles elevados del piso se encuentren sujetos a inundaciones, las fuerzas de levantamiento de la flotabilidad adicional, ocasionada por el aire atrapado y las hidrodinámicas verticales en la losa de piso deberán ser consideradas.
- Debe tenerse en cuenta la erosión alrededor de los cimientos.
- Las instalaciones eléctricas de emergencia deben ser protegidas contra daños al agua o a su vez ser ubicadas sobre el nivel de inundación anticipado, y contar con un suministro de combustible adecuado.
- Debido a la perplejidad en la naturaleza de los desperdicios acarreados por el agua y al potencial de fuerzas muy grandes ocasionadas por el impacto, es necesario considerar en el diseño de estructuras de evacuación vertical los conceptos de colapso progresivo y así minimizar la posibilidad de colapso desmedido.

Recomendaciones adicionales para refugios de evacuación vertical

Los países expuestos a la amenaza de tsunamis, como es el caso de Japón, Estados Unidos e Indonesia, han afrontado de una manera práctica esta problemática y

desarrollado tres tipologías principales de evacuación vertical: Edificaciones construidas ad-hoc (torres, edificios o plataformas elevadas sobre el nivel esperado de inundación).

- Edificaciones construidas ad-hoc (torres, edificios o plataformas elevadas sobre el nivel esperado de inundación).
- Utilización de edificaciones existentes, modificadas o adaptadas para mejorar su uso para la evacuación vertical.
- Cerros o colinas artificiales.

En el caso de Japón se han construido un número significativo de torres y plataformas de evacuación vertical, generalmente de hormigón armado o acero, con capacidad para cientos de personas, las cuales son accedidas durante una emergencia mediante apertura remota.

En el 2017 en Estados Unidos se construyó un refugio para la evacuación vertical en la escuela primaria de Ocosta, a unos 150 km al suroeste de Seattle. Con este objetivo se habilitó el techo del gimnasio de la escuela como una plataforma de evacuación vertical.

Finalmente, en Indonesia (país afectado por tsunamis destructivos en 2004, 2010 y 2018) también se han construido numerosas edificaciones ad-hoc para evacuación vertical, en especial durante el proceso de reconstrucción iniciado luego de la catástrofe de 2004. Estos edificios son de hormigón armado, de altura entre 14 y 16 metros, con facilidades de acceso tales como escaleras anchas y rampas para discapacitados.

Otra alternativa que se ha venido desarrollando en estos países es la inserción de escaleras externas accesibles directamente desde la calle, las cuales conducen hacia la azotea o terrazas en pisos superiores. Además, se han construido cerros artificiales en zonas de muy baja elevación, destinados a ofrecer un escape de último minuto a la población (León et al., 2019).

Algunas estrategias aplicables son el uso de cubiertas y terrazas de edificios existentes, la construcción de bandejes o pretilas artificiales, debiendo tener la altura debida que garantice la integridad de la población al momento de realizar la evacuación vertical (FEMA, 2019).

Para proporcionar un refugio frente a las inundaciones consecuencia de un tsunami, las soluciones que se planteen deben recibir un gran número de personas en el menor período de tiempo posible y dirigirlos hacia áreas de refugio que se encuentren ubicadas sobre el nivel de inundación. Estas posibles soluciones pueden incluir áreas naturales de terreno elevado o áreas artificiales creadas mediante terraplenes, estructuras nuevas resistentes a los tsunamis o estructuras existentes que hayan probado ser resistentes ante los efectos anticipados de un tsunami. Las estructuras nuevas o existentes pueden utilizarse como estructuras de evacuación vertical, sin embargo, hay que tener presente que será más difícil adaptar una estructura existente que construir una nueva estructura resista los tsunamis (Heintz & Mahoney, 2008).

Consideraciones de ubicación, espacio y tamaño

Estas estructuras de evacuación verticales deben ubicarse de tal forma que todas las personas que requieran refugiarse lleguen a la estructura dentro del tiempo disponible entre la alerta de tsunami y la inundación por tsunami. Para el tiempo de viaje se debe tener en cuenta la circulación vertical en el interior la estructura hasta los niveles por encima de la profundidad de inundación (FEMA, 2019).

En la ciudad de Manta los problemas que se pudieron evidenciar fueron: el acceso de los edificios, dimensiones insuficientes en sus gradas, calles de alta circulación vehicular, el poco número de edificios que sobrepasan la altura requerida.

Para las personas que se encontrasen cerca de la playa, exclusivamente en el Oeste de la ciudad, el tiempo de llegada hacia los edificios es corto sin embargo en el

lado Este se tiene una avenida principal con alta circulación vehicular la cual entorpecería el paso de los pobladores e incrementaría el tiempo de llegada a los refugios.

La construcción de escaleras exteriores agilizaría el ingreso de la población hacia las terrazas de los edificios, teniendo así un tiempo de circulación menor, por lo que se recomienda abiertamente la adaptación de este tipo de escaleras en los edificios, que, si bien no aportan en la rigidez o resistencia a la estructura, sí es un elemento crucial al momento de evacuar verticalmente a las personas.

Los autores (Cañamar et al., 2021), presentan 4 recomendaciones al momento de una planificación urbanística para que de este modo las personas accedan fácilmente a los refugios y que estos se encuentren alejados de puntos peligrosos. De la misma manera se realiza recomendaciones en cuanto al espacio que las estructuras nuevas, diseñadas como refugios deberían poseer con el fin de brindar la máxima comodidad que sea posible.

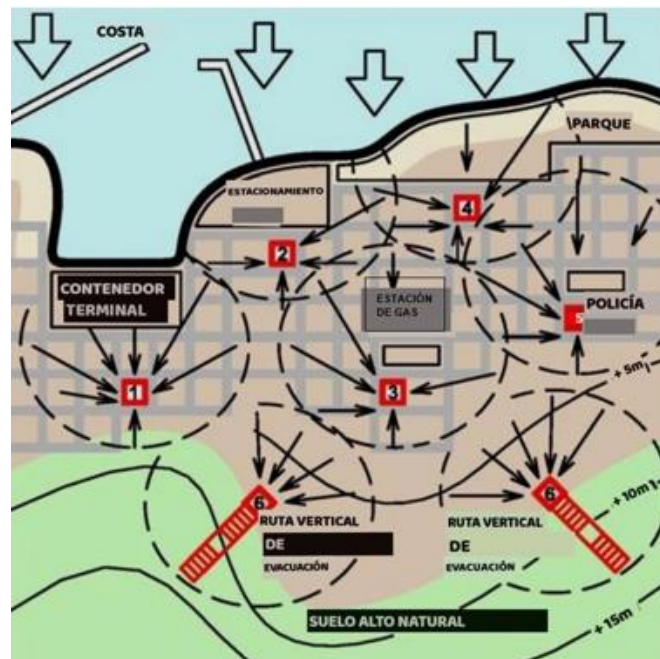
Advertencia, tiempo de viaje y espaciado

Los parámetros críticos como son el tiempo de alerta y la capacidad ambulatoria de la comunidad circundante nos permiten determinar el número requerido y el espaciado que debe tener una estructura de evacuación vertical. Una persona sana promedio puede caminar aproximadamente a 1.8 metros por segundo. Existe también la posibilidad de que algunas personas en una comunidad tengan una capacidad ambulatoria restringida ya sea por la edad, la salud o la discapacidad. Se puede suponer que el ritmo promedio para las poblaciones con problemas de movilidad es de aproximadamente 90 centímetros por segundo (FEMA, 2019). Tomando como ejemplo el tiempo de alerta de 2 horas generalmente asociado con tsunamis de fuentes lejanas, las estructuras de evacuación vertical deberán ubicarse a un máximo de 6.5 kilómetros desde

cualquier punto de partida. Resultando un espacio máximo de aproximadamente 13 kilómetros entre estructuras. Si el tiempo de alerta relacionado a un tsunami cerca de la fuente es de 30 minutos, la estructura de evacuación vertical debe ubicarse a no más de 1.6 kilómetros de cualquier punto de evacuación, o como máximo a 3.2 kilómetros entre las estructuras. La distancia máxima entre la estructura de evacuación vertical del tsunami generado por la fuente intermedia estará entre 13 y 3.2 kilómetros. La siguiente figura de (FEMA, 2019) muestra un diseño de ejemplo de una estructura que sirven para evacuación vertical en una posible comunidad costera.

Figura 115

Diseño de muestra de estructuras de evacuación verticales



Nota. Diseño de muestra de estructuras de evacuación verticales en una comunidad costera hipotética, considerando la distancia de viaje, el comportamiento de evacuación y los terrenos elevados que ocurren naturalmente. Las flechas muestran las rutas de evacuación verticales previstas.

Consideración de los peligros del sitio

Por la limitada disponibilidad de ubicaciones potenciales y las restricciones en los viajes y el movimiento de la población en la comunidad, es probable que ciertas estructuras de evacuación verticales deban ubicarse en lugares que se consideran menos que ideales. Al diseñar una estructura de evacuación vertical, se deben considerar los peligros, especialmente cerca de cada ubicación. Los potenciales peligros de cada pueden traer consigo grandes escombros y fuentes de materiales peligrosos que son transportados por el agua (Heintz & Mahoney, 2008). Esto nos da una idea de los estragos que puede tener un tsunami con su paso, como ejemplo, al momento de este suceso podría arrastrar vehículos que se encuentre en su camino los cuales colisionarían contra los refugios, provocando daños en la estructura, de la misma forma en lugares pesqueros o puertos podría arrastrar embarcaciones que colapsarían contra los edificios en los cuales la población este refugiada, otro punto crítico son los almacenes de químicos o elementos inflamables que pueden ocasionar daño tanto a la población como a la misma estructura. En la figura anterior se puede observar los peligros que pueden existir en una ciudad costera debido a la ubicación. Para evitar los daños a la estructura y el posible riesgo a la población, las estructuras destinadas a evacuación vertical deberían ubicarse lejos de sitios potencialmente peligrosos.

Recomendaciones de metros cuadrados

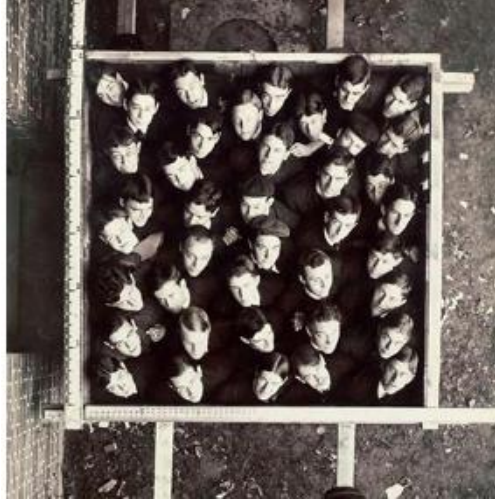
De acuerdo al número esperado de ocupantes, el tipo y el tiempo de ocupación se podrá determinar el tamaño de la estructura de evacuación. Dependiendo de la población que los rodea, la distancia y número de estructuras de evacuación verticales en el área, se podrá asignar un número de ocupantes para cada edificación. Actualmente en Manta se han considerado 2 edificios como refugios, que ayudaran a brindar servicios

a personas alejadas de lugares altos o refugios, en respuesta a un tsunami, personas que se encuentran a la misma distancia de los edificios o lugares altos. Además la duración de la permanencia en estos sitios dependerá de la función de la instalación y del peligro que se genere, dependiendo de la duración de la estadía dentro del refugio variaran las recomendaciones de metros cuadrados, mientras mayor sea el tiempo mayor será la superficie mínima recomendada, así también la cantidad de metros cuadrados varía entre personas sanas e ilesas, con personas enfermas o lesionadas que necesitan atención medica continua, y requerirán más metros cuadrados para acomodar camas y suministros. En el presente sitio de estudio es difícil implementar lugares para colocar elementos médicos, por lo que es un limitante al momento de evacuar a personas que necesitan algún tipo de atención médica, por eso se recomienda que la Norma Ecuatoriana de la Construcción tome en consideración las recomendaciones presentadas por la FEMA para diseñar espacios óptimos en un futuro.

En las recomendaciones de metros cuadrados para el diseño de refugios para otros peligros, se recomienda alrededor de 1 metro cuadrado por persona para un refugio contra tsunamis, lo cual permite que los evacuados puedan sentarse sin de sentirse abarrotados durante este tiempo, pero no se consideraría muy apropiado para estancias largas que incluyan modificaciones en el sitio para poder dormir, por lo tanto el número se podría modificar dependiendo de las necesidades de ocupación que el refugio tenga (FEMA, 2019). Así se debe evitar las aglomeraciones de personas por metro cuadrado ya que podría causar pánico, ansiedad y desesperación entre las personas, por eso se busca que las personas tengan un espacio de movilidad básico no como se presenta en la siguiente figura.

Figura 116

En 3.34 metros cuadrados se encuentran 40 personas



Nota. Tomado de Revista Harvard

Recomendaciones de altura

Para considerar una estructura como un refugio de evacuación vertical, es primordial que el área de esta construcción este ubicada por encima del nivel máximo de inundación por tsunamis anticipado en el lugar. Según (FEMA, 2019) la determinación de una altura adecuada para el refugio de tsunamis debe tener en cuenta la incertidumbre inherente a la estimación de la elevación del runup del tsunami, la posible salpicadura durante el impacto de las olas del tsunami y el nivel de ansiedad de los evacuados que buscan refugio en la estructura. Para tener en cuenta esta incertidumbre, se considera que la elevación máxima del tsunami es un 30% más alta que los valores predichos por el modelado de simulación numérica u obtenidos a partir de mapas de inundaciones de tsunamis. Debido a las grandes consecuencias de la posible inundación de la zona de refugio del tsunami, se recomienda que se proporcione un margen adicional para el borde libre. La elevación mínima recomendada para un área de refugio de tsunamis es, por lo

tanto, la máxima elevación anticipada del tsunami en el sitio, más 30%, más un margen de borde libre de 10 pies o 3 metros.

En Manta al momento de evaluar la altura de cada edificio se consideró que cada edificio tenga una altura mayor al 130% de la altura máxima de ola la cual nos implantamos en base a modelos de tsunamis una altura de 25 metros, más un nivel de losa, que rodea entre 2.8 m y 4.00 metros de altura. Se presenta esta recomendación a la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Efectos de fuerzas del tsunami

A continuación, se agrega un resumen de los efectos de la fuerza del tsunami los cuales deben tenerse en cuenta para el diseño de edificios de evacuación vertical, los cuales se observan en la tabla 52. Estos efectos incluyen fuerzas hidrostáticas y de flotación los cuales se presentan en estructuras expuestas al flujo de agua. También se presenta el levantamiento hidrodinámico, el impulso y las fuerzas que se producen por el impacto de escombros, los que requieren una consideración especial referente a los tsunamis. La variación de las alturas de los tsunamis locales es variable y depende de la batimetría local y los efectos topográficos, por lo tanto, existe una incertidumbre en las simulaciones numéricas de tsunamis en este caso en la inundación que se simuló en las costas de Manta. En base a los juicios empíricos de los datos recolectados de tsunamis pasados, se debe tomar como recomendación en las ecuaciones de fuerza que la elevación máxima debe considerarse en 1.3 más, para tener en cuenta la variabilidad potencial (Heintz & Mahoney, 2008).

Tabla 52

Resumen de los efectos de la fuerza del tsunami

TIPO DE FUERZA	CONSIDERACION DEL TSUNAMI	ECUACIÓN
Hidrostático	Efecto local sobre los elementos cuando un lado está seco.	$F_s = p_s A_w = \frac{1}{2} \rho_s g b h_{\max}^2$
Bouyant	Controlado por la profundidad de la inundación y la tasa de aumento del nivel del agua	$F_b = \rho_s g V$
Hidrodinámico	Fuerzas de arrastre controladas producto de la profundidad de la inundación y el cuadrado de la velocidad del flujo.	$F_d = \frac{1}{2} \rho_s C_d B (h u^2)_{\max}$
Elevación hidrodinámica	Fuerzas verticales (hacia arriba) en la parte inferior de las estructuras del piso causadas por el rápido aumento de las aguas; ocurre en combinación con fuerzas de flotación	$F_u = \frac{1}{2} C_u \rho_s A_f u_v^2$
Impulsivo	Fuerza impulsiva controlada por la velocidad de flujo del borde de ataque del runup	$F_i = 1.5 F_d$
Impacto de escombros	Controlado por la velocidad máxima de flujo, la masa de escombros, la rigidez de los escombros y la masa adicional de agua detrás de los escombros.	$F_j = C_m u_{\max} \sqrt{k m}$
Agua retenida	Sobrecarga por gravedad controlada por el peso del agua retenida en la estructura	$f_r = \rho_s g h_r$
Romper de la ola	Las olas del tsunami tienden a romperse en alta mar	No considerado

Nota. Tabla tomada y traducida de (Heintz & Mahoney, 2008)

Ps=densidad del fluido incluyendo sedimento=1.2

Pw= igual a 1200 kg/m³=2.33 slug/pie³

Aw, Af=área mojada de la pared o piso

b=ancho del elemento

B= amplitud de la estructura en un plano normal a la dirección del flujo

Cd = coeficiente de arrastre = 2.0

Cu= coeficiente de elevación=3 (recomendado)

Cm= coeficiente de masa añadido= 2 (recomendado)

g = constante de aceleración gravitacional

hmax= altura máxima del agua por encima de la base

hr=profundidad potencial máxima de agua retenida en un piso elevado

hu²= flujo de momento por unidad de masa

k= rigidez efectiva de los escombros

m = masa de escombros

u_{max} =velocidad máxima de flujo

V = volumen de agua desplazado

Combinaciones de cargas

Las fuerzas presentadas anteriormente no ocurrirán al mismo tiempo y no afectara solo a un elemento de forma particular. De la misma forma no se considera una simultaneidad entre las cargas sísmicas y las cargas de tsunami. La probabilidad de una réplica equivalente a un terremoto a la vez de una inundación máxima por tsunami es baja. Por lo tanto, se debe tener en cuenta las fuerzas de tsunami que actuaran en toda la estructura y en los elementos de forma individual, así la resultante de las fuerzas de cada miembro debe combinarse con los efectos de cargas por gravedad, utilizando el diseño por factores de carga y resistencia (LRFD) por sus siglas en inglés (Heintz & Mahoney, 2008):

- Combinación de carga 1: $1.2D + 1.0T_s + 1.0L_{REF} + 0.25L$
- Combinación de carga 2: $0.9D + 1.0T_s$

Dónde D es el efecto de la carga muerta, T_s es el efecto de carga de tsunami, L_{REF} es el efecto de carga viva en el área de refugio (carga de montaje), y L es el efecto de carga viva fuera del área de refugio.

Se utiliza un factor de carga de 1.0 junto con las fuerzas de tsunami calculadas de acuerdo con (Heintz & Mahoney, 2008) por las siguientes razones:

- Se anticipa que el nivel de peligro de tsunami correspondiente al tsunami máximo considerado será consistente con el período de retorno de 2500 años asociado con el terremoto máximo considerado utilizado en el diseño sísmico.
- La variabilidad potencial en las elevaciones de los tsunamis se considera

explícitamente aplicando un aumento del 30% a las elevaciones de los tsunamis utilizados en los cálculos de la fuerza del tsunami.

- El diseño para fuerzas de tsunami considera solo la respuesta elástica de los componentes, sin considerar la respuesta inelástica y los factores de reducción de fuerza correspondientes (como se usa en el diseño sísmico).

Consideraciones de costos

El requerimiento de resistencia, ductilidad y robustez es mayor para el diseño de refugios de evacuación vertical por efectos de la carga de tsunamis, pudiendo incluir las disposiciones de detalles sísmicos, medidas preventivas de colapso progresivo, detalles personalizados de muros de separación y sistemas de cimentación más profundos (Heintz & Mahoney, 2008). Por estos efectos se espera que los costos de construcción estructural para edificios de evacuación vertical sean mayores que los edificios convencionales. Los costos estructurales solo son una parte de la construcción total, no se tiene una comparación entre los costos de una edificación destinada a evacuación vertical con otra convencional (FEMA, 2019).

Por la experiencia adquirida es razonable que las estructuras resistentes ante tsunamis, incluyendo características sismorresistentes tenga una variación entre 10% y 20% de aumento en el precio en comparación a una estructura convencional, si bien cada proyecto es diferente los costos relativos dependerán tanto de las condiciones de cada sitio y el peligro que se presenta frente a un tsunami específico, no se debe pensar que la incorporación de estas características tendrá un coste excesivo (Heintz & Mahoney, 2008).

Capítulo VI

Conclusiones

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica se utilizó la metodología italiana modificada, en tanto que para la evaluación de resistencia a tsunamis se basó en parámetros extraídos de la Guía FEMA 2019, pudiendo de esta forma identificar y categorizar aquellas edificaciones que presenten un buen comportamiento sísmico y que, a su vez, sean lo suficientemente seguras para funcionar como un refugio de evacuación vertical ante la presencia de un tsunami.

Los edificios que presentaron un buen sistema resistente, es decir, poseen un índice de vulnerabilidad sísmica inferior a 30, lo que los categoriza como edificios sísmicamente seguros fueron el edificio Banco del Bank, Ibiza, Manta Host, Buzios y CNEL. Estos tres últimos presentaron limitaciones tanto de acceso como de escaleras, por este motivo son descartados como potenciales refugios de evacuación vertical. Para reducir estas limitaciones se deben realizar adaptaciones teniendo en consideración que deben ser viables para una evacuación vertical.

Existen varias alternativas o soluciones que se podrían adaptar a los edificios ya existentes, una muy eficiente que se propuso en el desarrollo del presente trabajo fue la implementación de una escalera exterior, la misma que fue diseñada para el Edificio Buzios, el cual posee 13 pisos, posteriormente se obtuvo un presupuesto referencial de USD \$37,321.24 sin IVA. Dependiendo cual sea el edificio al que se le va a adaptar la escalera, esta presentará variaciones en dimensiones llevando consigo una variación en el presupuesto referencial presentado.

El diseño de las estructuras aptas para evacuación vertical ante tsunamis tendrá un costo de construcción estructural más alto que el de las estructuras tradicionales. Se estima que una estructura resistente a tsunamis, sismos y colapso progresivo tenga un

aumento de entre el 10% y 20% en los costos totales de construcción sobre los requeridos para edificios tradicionales, ya que se necesitaría de ingresos y escaleras amplias en las cuales puedan ingresar más de cinco personas, también deberían contar con escaleras externas que ayuden a la población a llegar a una altura elevada en un tiempo óptimo, lo cual implica el aumento de los costos de construcción.

Recomendaciones

Para aquellos edificios que exhiben un índice de vulnerabilidad entre 30 y 80 de acuerdo a la aplicación de la metodología italiana modificada y la Guía FEMA 2019, en vista que no se los puede categorizar como seguros o vulnerables, se recomienda la realización de estudios adicionales, un ejemplo es la utilización de un sistema equivalente de un grado de libertad, como se propone en el ASCE 16, el cual aporta datos más específicos, que ayudan en gran medida a obtener un valor más exacto sobre el índice de vulnerabilidad.

Es importante que las nuevas construcciones que se realicen alrededor del perfil costanero sean diseñadas cumpliendo lo estipulado en la normativa para edificaciones sísmos resistentes, además que los profesionales de la construcción opten por trabajar en el desarrollo de una normativa para diseños tsunami resistentes aptos para ser utilizados con refugios de evacuación vertical.

Se recomienda que el GAD de Manta por medio de ordenanzas municipales, exijan a los constructores incorporar tanto en planos como en diseños modificaciones en los emplazamientos, escaleras y accesos de cada edificio a construirse, los cuales garanticen un acceso rápido a zonas altas en un tiempo óptimo, y en el caso de edificios existentes realizar adaptaciones o modificaciones a fin de mejorar los accesos a los mismos y a sus pisos superiores.

Es recomendable la elaboración de un plan de evacuación vertical para las zonas costeras del Ecuador, en donde los edificios cuenten con propiedades tsunami y sismorresistentes, los cuales brinden una evacuación vertical apropiada en lo concerniente al tiempo de resguardo y a la capacidad de ingreso a los refugios, de esta manera proteger la integridad de la población vulnerable ante la inminente llegada de un tsunami de foco cercano.

En vista de los problemas presentados durante la inspección de cada edificio se recomienda que el municipio y los propietarios de los edificios privados generen acuerdos y alianzas que permitan el acceso a la población que se encuentre evacuando cerca de los mismos.

Referencias

- Abe, T., Goto, K., & Sugawara, D. (2012). Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain, Japan. *Sedimentary Geology*, 282, 142-150.
- Aguiar, R. (2010). Leyes de atenuación para sismos corticales y de subducción para el Ecuador.
- Aguiar, R. (2017). Peligrosidad sísmica de la costa norte de Ecuador y el terremoto de Pedernales de 2016. *Revista Geofísica*(67), 9-24. Obtenido de <https://revistasipgh.org/index.php/regeofi/article/view/159>
- Aguiar, R. (2018). *Metodología italiana modificada para calcular índice de vulnerabilidad*.
- Aguiar, R., & Ortiz, D. (2017). Análisis sísmico de un edificio de doce pisos de la ciudad de Manta considerando interacción suelo estructura. *Revista internacional de ingeniería de estructuras*, 22(3), 251-279. doi: <http://dx.doi.org/10.24133/riie.v22i3.646>
- Aguiar, R., & Zambrano, V. (2018). Relación H/T en estructuras de Bahía de Caráquez y el terremoto de 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 23(2), 227-241. doi:<http://dx.doi.org/10.24133/riie.v23i2.970>
- Aviles-Campoverde, D., Chunga, K., Ortiz-Hernández, E., Vivas-Espinoza, E., Toulkeridis, T., Morales-Delgado, A. and Delgado-Toala, D., 2021: Seismically induced soil liquefaction and geological conditions in the city of Jama due to the Mw7.8 Pedernales earthquake in 2016, NW Ecuador. *Geosciences*, 11, 20
- Barcia Ruíz, W. B. (2015). *Análisis del Modelo de desarrollo urbano sostenible en el cantón Manta*. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/15047/TFM-E-48.pdf;jsessionid=5FE2E89F9739EA3C3BD278D07096B3C1?sequence=1>

- Bonifaz , H., & Haro, J. (2018). *Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 Abril del 2016*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Bonifaz-Garcia-2/publication/328367680_Docente-Investigador/links/5bc8c1aca6fdcc03c790933d/Docente-Investigador.pdf
- Cannon, T. (1994). Vulnerability analysis and the explanation of 'natural' disasters. *Disasters, Development and Environment*, 13–30. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/248360551>
- Cañamar, C., Galarza, K., Ñato, D., Suárez, P., & Vera, J. (2021). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis en edificaciones de Bahía de Caráquez aptas para evacuación vertical frente a tsunamis*. Sangolquí.
- Celorio-Saltos, J.C., García-Arias¹, J.M., Guerra-Luque, A.B.,¹ Barragan-Aroca, G. and Toulkeridis, T., 2018: Vulnerability analysis based on tsunami hazards in Crucita, central coastal of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 38(3): 225-263.
- Centro del Agua y Desarrollo Sustentable CADS-ESPOL. (2013). *Análisis de vulnerabilidad del cantón Manta*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56813.pdf>
- Chunga, K., Mulas, M., Alvarez, A., Galarza, J. and Toulkeridis, T., 2019: Characterization of seismogenetic crustal faults in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Andean Geology*, 46(1): 66-81.
- Chunga, K., & Toulkeridis, T. (2014). First evidence of paleo-tsunami deposits of a major historic event in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 33, 55-69.
- Chunga, K., Toulkeridis, T., Vera-Grunauer, X., Gutierrez, M., Cahuana, N. And Alvarez, A., 2017: A review of earthquakes and tsunami records and characterization of

capable faults on the northwestern coast of Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 100-127.

Contreras, M. (2013). Cronología de Tsunamis en Ecuador desde 1586 a 2012. *La Técnica*(11), 50-59. doi:https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i11.565

Contreras, M. (2014). Riesgo de Tsunami en Ecuador. *Ingenius*, 12(12), 68-75. doi:10.17163/ings.n12.2014.09

Cruz de Howitt, M., Acosta, M. C., & Vásquez, N. E. (2005). *Riesgos por tsunami en la costa ecuatoriana*. Obtenido de <http://www.ipgh.gob.ec/documentos/recursos/Riesgos%20Tsunami%20Costa%20Ecuatoriana.pdf>

Earthquake Track. (2016). Obtenido de <http://http://es.earthquaketrack.com/p/ecuador/biggest>

Edler, D., Otto, K.H and Toulkeridis, T., 2020. Tsunami hazards in Ecuador – Regional differences in the knowledge of Ecuadorian high-school students. *Science of Tsunami Hazards*, 39(2), 86-112.

FEMA, F. E. (2019). *Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis*. Obtenido de https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema_earthquakes_guidelines-for-design-of-structures-for-vertical-evacuation-from-tsunamis-fema-p-646.pdf

Fraser, S., Leonard, G., Matsuo, I., & Murakami, H. (2012). Tsunami evacuation: Lessons from the Great East Japan earthquake and tsunami of March 11th 2011. *Re*, 1-91.

GAD Municipal Cantón Manta. (2019). *Actualización del Plan de desarrollo ordenamiento territorial con especial énfasis en la gestión del riesgo de Manta - 2019*. Obtenido de <https://manta.gob.ec/db/rendition-de-cuentas/2019/resoluciones/PDYOT%202014-2019%20F.pdf>

- Glass, J. B., Fornari, D. J., Hall, H. F., Cougan, A. A., Berkenbosch, H. A., Holmes, M. L., . . . De La Torre, G. (2007). Submarine volcanic morphology of the western Galápagos based on EM300 bathymetry and MR1 side-scan sonar. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8(3), 1-16. doi:<https://doi.org/10.1029/2006GC001464>
- González, J. L., González, C. E., & Chavarría, J. E. (2016). *Análisis microbiológico del agua del río manta del cantón manta de acuerdo a la ley para la prevención y control de la contaminación ambiental del ecuador (LPCCA)*. Obtenido de <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2016>
- Gusiakov, V. (2005). Tsunami generation potential of different tsunamigenic regions in the Pacific. *Marine Geology*, 215(1-2), 3-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.05.033>
- Heidarzadeh, M., Murotani, S., Satake, K., & Takagawa, T. (2017). Fault size and depth extent of the Ecuador earthquake (Mw 7.8) of 16 April 2016 from teleseismic and tsunami data. *Geophysical Research Letters*, 44(5), 2211–2219. doi:<https://doi.org/10.1002/2017GL072545>
- Heintz, J. A., & Mahoney, M. (2008). GUIDELINES FOR DESIGN OF STRUCTURES FOR VERTICAL EVACUATION FROM TSUNAMIS. *FEMA P-646*.
- Herd, D. G., Youd, L., Meyer, H., Arango, J. L., Person, W. J., & Mendoza, C. (1980). The great tumaco, colombia earthquake of 12 december 1979. *Science*, 211(4481), 441–445. doi:[10.1126/science.211.4481.441](https://doi.org/10.1126/science.211.4481.441)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1984). *Código Ecuatoriano de la construcción requisitos de diseños y contrucción de escaleras*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016). *Accesibilidad de las personas al medio físico. Circulaciones verticales. Escaleras. Requisitos*.

- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2010). *Fascículo provincial Manabí*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/manabi.pdf>
- loualalen, M., Monfret, T., Béthoux, N., Chlieh, M., Adams, G. P., Collot, J. -Y., . . . Navarrete, E. (2014). Tsunami mapping in the Gulf of Guayaquil, Ecuador, due to local seismicity. *Marine Geophysical Research*, 35(4), 361–378. doi:10.1007/s11001-014-9225-9
- loualalen, M., Ratzov, G., Collot, J. -Y., & Sanclemente, E. (2011). The tsunami signature on a submerged promontory: the case study of the Atacames Promontory, Ecuador. *Geophysical Journal International*, 184(2), 680–688.
- Kanamori, H., & McNally, K. C. (1982). Variable rupture mode of the subduction zone along the Ecuador-Colombia coast. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 72(4), 1241–1253.
- Kates, R. W. (1976). Experiencing the environment as hazard. En *Experiencing the environment* (págs. 133–156). Springer, Boston, MA.
- Keating, B., & McGuire, W. (2000). Island edifice failures and associated tsunami hazards. *Pure and Applied Geophysics*, 157(6), 899–955.
- Kelly, R. (25 de Noviembre de 2020). *MLS-Ecuador*. Obtenido de Manta, Ecuador: ¡La Ciudad Costera Más Grande y de Mayor Crecimiento en el País!: <https://mls-ecuador.com/es/noticias/manta-ecuador-la-ciudad-costera-mas-grande-y-de-mayor-crecimiento-en-el-pais>
- Kryukov, E. V., & Butenko, V. (2013). Processes of Natural Risks (In Russian). *State Academy of Special Services, Moscow, Russia*, 44.

- León, J., Zamora, N., Castro, S., Jünemann, R., Gubler, A., & Cienfuegos, R. (2019). Evacuación vertical como medida de mitigación del riesgo de tsunamis en Chile. *CIGIDEN*.
- Levin, B., & Nosov, M. (2009). Physics of tsunamis. *Dordrecht: Springer, Germany*, 307.
- Martinez, N. and Toulkeridis, T., 2020. Tsunamis in Panama – History, preparation and future consequences. *Science of Tsunami Hazards*, 39(2), 53-68.
- Matheus Medina, A.S., Cruz D´Howitt, M., Padilla Almeida, O., Toulkeridis, T. and Haro, A.G., 2016: Enhanced vertical evacuation applications with geomatic tools for tsunamis in Salinas, Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 35, (3): 189-213
- Matheus-Medina, A.S., Toulkeridis, T., Padilla-Almeida, O., Cruz-D´Howitt, M. and Chunga, K., 2018: Evaluation of the tsunami vulnerability in the coastal Ecuadorian tourist centers of the peninsulas of Bahia de Caráquez and Salinas. *Science of Tsunami Hazards*, 38(3): 175-209.
- Mato, F. and Toulkeridis, T., 2017: The missing Link in El Niño's phenomenon generation. *Science of tsunami hazards*, 36: 128-144.
- Mato, F. and Toulkeridis, T., 2018: An unsupervised K-means based clustering method for geophysical post-earthquake diagnosis. 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI). 1-8
- McGuire, W. (2006). Lateral collapse and tsunamigenic potential of marine volcanoes. *Geological Society, London, Special Publications*, 269(1), 121–140.
- Mendoza, C., & Dewey, J. W. (1982). Seismicity associated with the great Colombia Ecuador earthquakes of 1942, 1958, and 1979: Implications for barrier models of earthquake rupture. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 74(2), 577–593.

- Moberly, R., Shepherd, G., & Coulbourn, W. (1982). Forearc and other basins, continental margin of northern and southern Peru and adjacent Ecuador and Chile. *Geological Society, London, Special Publications*, 10(1), 171–189.
- Mori, N., Takahashi, T., Yasuda, T., & Yanagisawa, H. (2011). Survey of 2011 Tohoku earthquake tsunami inundation and run-up. *Geophysical Research Letters*, 38(7), 1-6.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Cargas (No Sísmicas)*.
- Navas, L., Caiza, P. and Toulkeridis, T., 2018: An evaluated comparison between the molecule and steel framing construction systems – Implications for the seismic vulnerable Ecuador. *Malaysian Construct. Res. J.* 26 (3), 87–109.
- Ocando, P. J. (2011). Determinación del índice de vulnerabilidad estructural ante la amenaza sísmica de las edificaciones ubicada en la zona este del municipio Puerto Cabello, EDO, Carabobo.
- Ormazábal Salvatierra, G. E. (2018). *Estudio de vulnerabilidad de población e infraestructura ante un escenario de tsunami en la ciudad de Manta-Ecuador*.
- Otavalo, J. (2017). *Determinación de los principales problemas de configuración estructural en edificaciones que aumentan la vulnerabilidad sísmica en el Ecuador*.
- Pararas-Carayannis, G. (2002). Evaluation of the threat of mega tsunami generation from postulated massive slope failures of island stratovolcanoes on La Palma, Canary Islands, and on the island of Hawaii. *Science of Tsunami Hazards*, 20(5), 251–277.
- Pararas-Carayannis, G. (2012). POTENTIAL OF TSUNAMI GENERATION ALONG THE COLOMBIA/ECUADOR SUBDUCTION MARGIN AND THE DOLORES-GUAYAQUIL MEGA-THRUST. *Science of Tsunami Hazards*, 31(3).

- Peñafiel, E., & Salas, J. (2019). *Evaluación y Comparación de Vulnerabilidad Sísmica de diferentes tipos de estructuras ubicadas en la Ciudad de Manta.*
- Pinter, N., & Ishman, S. (2008). Impacts, mega-tsunami, and other extraordinary claims. *GSA Today*, 18(1), 37–38.
- Pontoise, B., & Monfret, T. (2004). Shallow seismogenic zone detected from an offshore-onshore temporary seismic network in the Esmeraldas area (northern Ecuador). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 5(2).
- Priewer, J. (2011). *Estrategias claves de Mitigación de Maremotos en Zonas Habitables. Estudio para una implementación en los sectores mas vulnerables del Borde Costero Chileno.*
- Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta espectros de diseño para la ciudad de Cuenca.
- Ratzov, G., Collot, J. -Y., Sosson, M., & Migeon, S. (2010). Mass-transport deposits in the northern Ecuador subduction trench: Result of frontal erosion over multiple seismic cycles. *Earth and Planetary Science Letters*, 296(1–2), 89–102.
- Rodríguez Espinosa, F., Toulkeridis, T., Salazar Martinez, R., Cueva Girón, J., Taipei Quispe, A., Bernaza Quiñonez, L., Padilla Almeida, O., Mato, F., Cruz D´Howitt, M., Parra, H., Sandoval, W. and Rentería, W., 2017: Economic evaluation of recovering a natural protection with concurrent relocation of the threatened public of tsunami hazards in central coastal Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 293-306.
- Rodriguez, F., D´Howitt, M. C., Toulkeridis, T., Salazar, R., Ramos Romero, G. E., Recalde Moya, V. A., & Padilla, O. (2016). The economic evaluation and significance of an early relocation versus complete destruction by a potential tsunami of a coastal city in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 35(1), 18-35.}

- Rodriguez, F., Toulkeridis, T., Padilla, O. and Mato, F., 2017: Economic risk assessment of Cotopaxi volcano Ecuador in case of a future lahar emplacement. *Natural Hazards*, 85, (1): 605-618.
- Saito, T., Ito, Y., Inazu, D., & Hino, R. (2011). Tsunami source of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, Japan: Inversion analysis based on dispersive tsunami simulations. *Geophysical Research Letters*, 38(7), 1-5.
- Shibayama, T., Esteban, M., Nistor, I., Takagi, H., Nguyen, T., Matsumaru, R., . . . Ohtani, A. (2012). Implicaciones del tsunami de Tohoku del año 2011 para la gestión de desastres naturales en Japón. *Obras y proyectos*(11), 4-17. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132012000100001>
- Suárez-Acosta, P.E., Cañamar-Tipan, C.D., Ñato-Criollo, D.A., Vera-Zambrano, J.D., Galarza-Vega, K.L., Guevara-Álvarez, P.M., Fajardo-Cartuche, C.N., Herrera-Garcés, K. K., Ochoa-Campoverde, C.V., Torres-Orellana, J.S., Rentería, W., Chunga, K., Padilla, O., Sinde-González, I., Simón-Baile, D. and Toulkeridis, T., 2021: Evaluation of seismic and tsunami resistance of potential shelters for vertical evacuation in case of a tsunami impact in Bahía de Caráquez, central coast of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 40(1), 1-37.
- Toulkeridis, T., Arroyo, C.R., Cruz D'Howitt, M., Debut, A., Vaca, A.V., Cumbal, L., Mato, F. and Aguilera, E., 2015: Evaluation of the initial stage of the reactivated Cotopaxi volcano - Analysis of the first ejected fine-grained material. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, (11): 6947-6976.
- Toulkeridis, T., Chunga, K., Rentería, W., Rodriguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., Cruz D'Howitt, M., Besenon, D., Ruiz, H., Parra, H. and Vera-Grunauer, X., 2017c: The 7.8 M_w Earthquake and Tsunami of the 16th April 2016 in Ecuador - Seismic

evaluation, geological field survey and economic implications. *Science of tsunami hazards*, 36: 197-242.

Toulkeridis, T. (2011). *Volcanic Galápagos Volcánico*.

Toulkeridis, T., Mato, F., Toulkeridis-Estrella, K., Perez-Salinas, J. C., Tapia, S., & Fuertes, W. (2018). Real-Time Radioactive Precursor of the April 16, 2016 Mw 7.8 Earthquake and Tsunami in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 37, 34-48.

Toulkeridis, T., Parra, H., Mato, F., Cruz D´Howitt, M., Sandoval, W., Padilla Almeida, O., Rentería, W., Rodríguez Espinosa, F., Salazar martinez, R., Cueva Girón, J., Taípe Quispe, A. and Bernaza Quiñonez, L., 2017: Contrasting results of potential tsunami hazards in Muisne, central coast of Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 13-40

Toulkeridis, T., Porras, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., Luna, M., . . . Salazar, R. (2019). Two independent real-time precursors of the 7.8 Mw earthquake in Ecuador based on radioactive and geodetic processes—Powerful tools for an early warning system. *Journal of Geodynamics*, 126, 12-22.

Toulkeridis, T., Porras, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., Luna, M., Carrión, J.L., Herrera, M., Murillo, A., Perez-Salinas, J.C., Tapia, S., Fuertes, W. and Salazar, R., 2019. A potential early warning system for earthquakes based on two independent real-time precursors – the case of Ecuador´s 7.8 Mw in 2016. Proceedings of the International Conference on Natural Hazards and Infrastructure 2019, 2nd International Conference on Natural Hazards and Infrastructure, ICONHIC 2019; Chania; Greece; 23 June 2019 through 26 June 2019; Code 257429

Toulkeridis, T., Rodríguez, F., Arias Jiménez, N., Simón Baile, D., Salazar Martínez, R., Addison, A., Freyre Carryon, D., Mato, F. and Díaz Perez, C., 2016: Causes and

consequences of the sinkhole at El Trébol of Quito, Ecuador - Implications for economic damage and risk assessment. *Natural Hazards and Earth Science System*, 16: 2031–2041

Toulkeridis, T., 2016: The Evaluation of unexpected results of a seismic hazard applied to a modern hydroelectric center in central Ecuador. *Journal of Structural Engineering*, 43, (4): 373-380.

Toulkeridis, T. and Zach, I., 2017: Wind directions of volcanic ash-charged clouds in Ecuador – Implications for the public and flight safety. *Geomatics, Natural Hazards and Risks*, 8(2): 242-256.

USGS (United States Geological Survey). (2016). Earthquake Hazards Program. Obtenido de <http://web.archive.org/web/20130502223428/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqs ww/Quakes/usc0001xgp.php>

Vaca, A.V., Arroyo, C.R., Debut, A., Toulkeridis, T., Cumbal. L., Mato, F., Cruz D´Howitt, M. and Aguilera, E., 2016: Characterization of fine-grained material ejected by the Cotopaxi volcano employing X-ray diffraction and electron diffraction scattering. *Biology and Medicine*, 8: 3

Vorobev, Y., Akimov, V., & Sokolov, Y. (2006). Tsunamis: Prediction and defense (in Russian). *Ministry of Civil Defense of the Russian Federetion, Moscow, Russia*, 264.

Whelan, F., & Kelletat, D. (2003). Submarine slides on volcanic islands-a source for megatsunamis in the Quaternary. *Progress in Physical Geography*, 27(2), 198–216.

Winckler G, P., Reyes G, M., & Contreras L, M. (2011). Recomendaciones de diseño de obras marítimas y terrestres sometidas a cargas de Tsunamis. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 19-39.

Yeh, H., Robertson, I., & Preuss, J. (2005). *Development of design guidelines for structures that serve as tsunami vertical evacuation sites.*