



**Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis en
edificaciones de Bahía de Caráquez aptas para evacuación vertical frente a
tsunamis**

Cañamar Tipán, Cristian David; Galarza Vega, Kevinn Luis; Ñato Criollo, Darlin Alexis;
Suárez Acosta, Pablo Ezequiel y Vera Zambrano, Juan Daniel

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

PhD. Simón Baile, Débora

5 de abril de 2021



Document Information

Analyzed document	Proyecto Titulacion-Tsunamis Bahía-03 Abr 2021.docx (D100624181)
Submitted	4/5/2021 2:13:00 AM
Submitted by	Simon Baile Dèbora
Submitter email	ddsimon@espe.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	ddsimon.espe@analysis.orkund.com



Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/76534056-Universidad-nacional-de-chimborazo.html Fetched: 10/25/2019 8:34:07 AM	2
W	URL: https://docplayer.es/162190901-Universidad-central-del-ecuador.html Fetched: 7/17/2020 11:15:21 PM	1
SA	capitulo 1 y 2.docx Document capitulo 1 y 2.docx (D93287210)	1
W	URL: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7997/1/T-UCE-0011-254.pdf Fetched: 11/26/2020 7:01:13 AM	4
SA	PROYECTO DE GRADUACION Version final.docx Document PROYECTO DE GRADUACION Version final.docx (D24435390)	1
W	URL: https://docplayer.es/69122345-Escuela-politecnica-nacional.html Fetched: 3/25/2020 5:12:43 AM	20
W	URL: https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3596/1/disserta%C3%A7%C3%A3o%2BMEC- ... Fetched: 1/25/2021 5:09:32 PM	2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Ballesteros Salazar Kevin & Caizaguano Montero Diego URKUND.docx Document Ballesteros Salazar Kevin & Caizaguano Montero Diego URKUND.docx (D77551559) Submitted by: dgcaizaguano@espe.edu.ec Receiver: agharo.espe@analysis.orkund.com	1



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **“Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis en edificaciones de Bahía de Caráquez aptas para evacuación vertical frente a tsunamis”** fue realizado por los señores **Cañamar Tipán, Cristian David; Galarza Vega, Kevinn Luis; Ñato Criollo, Darlin Alexis; Suárez Acosta, Pablo Ezequiel y Vera Zambrano, Juan Daniel**; 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, 05 abril 2021

Firma:

PhD. Simón Baile, Débora

C. C: 0957160310



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera De Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Cañamar Tipán, Cristian David; Galarza Vega, Kevinn Luis; Ñato Criollo, Darlin Alexis; Suárez Acosta, Pablo Ezequiel y Vera Zambrano, Juan Daniel;** con cédulas de ciudadanía 1723505374, 1003959630, 1723923668, 1804730792, 1311822017, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis en edificaciones de Bahía de Caráquez aptas para evacuación vertical frente a tsunamis** 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, 05 Abril 2021

Cañamar Tipán Cristian David

C.C.: 1723505374

Ñato Criollo Darlin Alexis

C.C.: 1723923668

Galarza Vega Kevinn Luis

C.C.: 1003959630

Suárez Acosta Pablo Ezequiel

C.C.: 1804730792

Vera Zambrano Juan Daniel

C.C.: 1311822017



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización De Publicación

Nosotros **Cañamar Tipán Cristian David, Galarza Vega Kevinn Luis, Ñato Criollo Darlin Alexis, Suárez Acosta Pablo Ezequiel, Vera Zambrano Juan Daniel**, con cédulas de ciudadanía 1723505374, 1003959630, 1723923668, 1804730792, 1311822017, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis en edificaciones de Bahía de Caráquez aptas para evacuación vertical frente a tsunamis** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 05 abril 2021

Cañamar Tipán Cristian David

C.C.: 1723505374

Galarza Vega Kevinn Luis

C.C.: 1003959630

Ñato Criollo Darlin Alexis

C.C.: 1723923668

Suárez Acosta Pablo Ezequiel

C.C.: 1804730792

Vera Zambrano Juan Daniel

C.C.: 1311822017

Dedicatoria

A mi Señor, porque de Él, y por Él, y para Él, son todas las cosas. A Él sea la gloria.

A mis padres Fernando y Jenny, quienes lo han dado todo para que yo hoy llegue a ser lo que soy, me han amado a pesar de mis errores y fracasos, y nunca dudaron al momento de apoyarme a conseguir este logro académico que ha sido uno de mis grandes sueños.

A mis hermanos Josué y Eliza quienes me han brindado los momentos más felices juntos, a quienes amo y son mi motivación para poder ser un modelo apropiado.

Pablo

El presente trabajo está dedicado a mis padres Silvio y Normy, por ser un apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida, por saber guiarme y orientarme con amor y responsabilidad, y fundamentalmente por ser mi motor e inspiración para seguir adelante. A mis abuelos Eliseo y Aída, por sus enseñanzas, por los mensajes de aliento y su excelente manera de instruirme para afrontar las dificultades de la vida. A mi hermana Kelly y mi sobrina Katlyn, espero ser un ejemplo de superación y constancia en cada uno de los objetivos y metas que deseen cumplir. A todos quienes supieron brindarme su amor, cariño y apoyo en esta etapa tan importante de mi vida.

Kevinn

A mi madre, Nelly, por su amor y apoyo incondicional, por el esfuerzo diario que ha hecho para brindarme una excelente educación e inculcarme valores como la responsabilidad, la honestidad y la perseverancia que he visto reflejada en ella.

A mi padre, Miguel, por ayudarme a lograr un sueño, por darme su ejemplo de trabajo duro y firmeza.

A mi hermano, Oskar, con el que he compartido la mayoría de mi vida y ha sido un apoyo incondicional

A mi tía, Lidia, pilar fundamental para mi crecimiento espiritual y personal, por ser mi ejemplo de superación

A mis abuelos, tíos, primos que han ayudado con sus palabras de aliento para continuar durante toda la carrera sin desmayar

A mi novia, amigos y amigas, que durante toda la etapa universitaria me han permitido vivir experiencias inolvidables, grandes alegrías y se han convertido en mi segunda familia

Darlin

A mis padres Luis y Patricia, por ser mi soporte, ejemplo de dedicación y esfuerzo que gracias a sus consejos y enseñanzas me han permitido convertirme en una persona de bien.

A mis hermanas Silvia y Estefanía, por el apoyo y el cariño que me brindaron en todo momento.

A mi sobrino Emilio que desde que llego a nuestras vidas trajo felicidad y motivación para siempre salir adelante.

A Andrés que más que mi cuñado se ha convertido en un hermano.

A Angélica por creer siempre en mí y enseñarme a no rendirme nunca.

Cristian

A mi madre, Martha, ya que es uno de los principales motivos por los que yo estoy aquí y gracias a su amor y su guía he podido contra todas las adversidades.

A mi padrastro, Carlos, Quien ha sido un gran apoyo a lo largo de todo este proceso, para no desfallecer y llegar tan lejos.

A mis hermanas, Valentina y Carla, que siempre me motivan a superarme y mejorar para ser un buen ejemplo para ellas.

Al resto de mi familia, que son muchos, que siempre me han estado dando palabras de aliento para que siga el camino hacia mis metas.

Juan

Agradecimiento

A mi Señor Jesús por sostenerme y llevarme de la mano, el Dios que me ha a pastoreado toda mi vida hasta este día. A la iglesia en Quito por ser mi hogar, mi familia.

A mis abuelos Jorge y Carmela y Emitelia por cultivar en mi un carácter de trabajo y esfuerzo, quienes me inspiraron a nunca rendirme y luchar por aquello que quiero lograr.

A mis tíos, Andrea, Juano, Marilyn, Napo, y Estela quienes me han llenado de alegría y tierno cuidado en muchas etapas de mi vida.

A mi tutora PhD. Débora por permitirnos ser parte de esta gran investigación y por ser quien siempre estuvo pendiente de nuestro progreso hasta alcanzar nuestro objetivo común.

Pablo

Agradezco en primer lugar 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 ángel que desde el cielo me cuida y me protege (Livita), sé que está orgullosa al ver que parte de su esfuerzo valió la pena. A mis padres y abuelos, por enseñarme el valor de la responsabilidad y la honestidad, por ser padres ejemplares y permanecer siempre al cuidado de su familia, por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr. Mi más grande admiración, amor incondicional y respeto hacia ellos. A mi hermana, ya que a pesar de nuestras diferencias han sabido demostrarme amor y respeto, espero ser un ejemplo a seguir, con la confianza que pueden contar conmigo siempre.

A mi querida universidad ESPE, por abrirme las puertas y brindarme a través de mis docentes los conocimientos necesarios para afrontar esta maravillosa profesión. A mis amigos y futuros colegas, por brindarme su amistad incondicional y sobre todo por hacer de esta etapa universitaria maravillosa e inolvidable.

Kevinn

Agradezco de manera especial a mi familia por todo el apoyo que me ha brindado en todo este camino universitario que ha sido de gran ayuda para seguir adelante

A mi tutora PhD. Simón Baile Débora por guiarme y saber corregir todos los errores que pude haber cometido durante la realización de este proyecto

A mis amigos que han sido pieza clave en todo el trayecto de la vida universitaria

Darlin

A Dios por la fortaleza y sabiduría que me dio para tomar buenas decisiones.

A mis padres Luis y Patricia, mis hermanas Silvia y Estefanía que siempre me apoyaron en todo momento y aún más en los momentos difíciles, fueron mis guías durante toda mi vida estudiantil y que ante todo siempre confiaron siempre en mí.

A mis profesores que estuvieron durante toda mi etapa de formación que gracias a sus conocimientos impartidos me ayudaron a superarme y ser mejor persona.

A Angélica que más que mi compañera es la persona más importante que tengo en estos momentos, gracias por brindarme tu apoyo durante la culminación de mi carrera universitarias.

Cristian

Agradezco en especial mi madre, Martha, que siempre ha sido mi principal motor y el motivo para haber llegado tan lejos, agradezco a mi padrastro, Carlos, y a mis Hermanas Valentina y Carla, por ser siempre mi soporte y mi guía en este arduo camino.

A mis profesores, que a lo largo de toda la carrera me llenaron de conocimiento y lecciones de vida, a la ESPE por ser mi segundo hogar y brindarme tantas experiencias, A muchos de los compañeros que tuve en cada nivel ya que gracias a que a me extendieron una mano yo he logrado llegar a mi meta.

A mi tutora PhD. Simón Baile Débora y a Theofilos Toulkeridis, por haberme dado la oportunidad de ser parte de esta investigación y ser un gran apoyo y guía para que todo salga de la mejor manera.

Juan

Tabla de Contenido

Certificación.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	9
Tabla de Contenido	12
Índice de tablas	18
Índice de figuras	21
Resumen.....	31
Abstract.....	32
Capítulo I.....	33
Contenidos Generales	33
Antecedentes	33
Planteamiento del problema.....	34
Justificación e importancia.....	36
Objetivos	37
Objetivo general.....	37
Objetivos específicos	37

Capítulo II.....	38
Fundamentos teóricos	38
Introducción.....	38
Espacio geodinámico y área de estudio.....	38
Metodología.....	48
Evaluación de la altura de las olas y escenario de impacto potencial	48
Criterios utilizados para la evaluación de la resistencia a sismos y tsunamis de posibles refugios provisionales.....	50
Metodología italiana modificada para calcular índice de vulnerabilidad	50
Organización del sistema resistente	59
Calidad del sistema resistente.....	60
Resistencia Convencional	61
Posición de edificio y cimentación	63
Losas	64
Configuración en Planta	66
Configuración en Elevación.....	68
Conexión de elementos críticos.....	70
Elementos de baja ductilidad.....	72
Elementos no estructurales	74
Estado de conservación	76
Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	77

Criterios de vulnerabilidad frente a tsunamis en base a la FEMA	79
Orientación al edificio	80
Acceso	81
Ubicación del Edificio	84
Sistema Estructural	86
Sistema de Cimentación.....	87
Año de Construcción	88
Altura de edificio.....	89
Sistema de suelo.....	91
Capítulo III.....	93
Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Bahía de Caráquez	93
Altura de las olas del tsunami	93
Evaluación de edificios	99
Edificio AKUABA	100
Edificio Nautilus.....	105
Edificio Torre Molinos	115
Edificio Albatros.....	124
Edificio Spondylus	134
Edificio Torre Mar	143
Edificio Mykonos	148

Edificio Capitán	155
Edificio Vista Mar.....	162
Edificio Neptuno	171
Edificio Punta Norte.....	176
Edificio El Faro	182
Edificio Las Gaviotas	188
Edificio Cariló	193
Edificio Ocean Bay Tower	201
Edificio Agua Marina.....	209
Edificio El Pirata	214
Edificio Torre Sol	218
Edificio S-N Dañado	228
Edificio Dos Hemisferios.....	233
Edificio Sucre	241
Edificio Horizonte	245
Edificio Las Brisas	251
Edificio Centinela.....	254
Edificio Hotel Patricio's	261
Edificio Torre Mariana	267
Evaluación de vulnerabilidad sísmica y tsunami de edificios existentes	273
Capítulo IV	284

Propuesta de adaptaciones que permitan a la población una evacuación vertical ante tsunamis en las edificaciones evaluadas y aptas de Bahía de Caráquez.....	284
Diseño de la escalera de evacuación vertical.....	287
Elementos de la escalera.....	288
Requisitos de diseño.....	288
Características para el diseño.....	290
Materiales	292
Selección de características para el diseño	294
Selección de los materiales para el diseño	296
Diseño de los elementos estructurales.....	296
Cargas y Combinaciones de carga	296
Método de diseño	297
Dimensionamiento de elementos	304
Resumen de perfiles	316
Análisis de pórticos Arriostrados con diagonales en forma de X	317
Presupuesto de escalera	321
Capítulo V	336
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	336
Viabilidad del diseño resistente a tsunami	337

Implicaciones para el diseño resistente a tsunamis presentados para la NEC.....	338
Tsunami de Okushiri de 1993	338
Tsunami de Nicaragua de 1992.....	339
Tsunami del Océano Índico de 2004.....	340
Tsunami de Tohoku de 2011.....	342
Huracán Katrina de 2005	344
Recomendaciones adicionales para refugios de evacuación vertical.....	347
Consideraciones de ubicación, espacio y tamaño	348
Advertencia, tiempo de viaje y espaciado	349
Consideración de los peligros del sitio.....	350
Recomendaciones de metros cuadrados.....	351
Recomendaciones de altura	353
Efectos de fuerzas del tsunami.....	354
Combinaciones de cargas	356
Consideraciones de costos.....	357
Capítulo VI	359
Conclusiones	359
Recomendaciones	361
Referencias	363

Índice de tablas

Tabla 1: Parámetros para evaluar el Índice de Vulnerabilidad en Edificios de Hormigón Armado.....	57
Tabla 2: Orientación del edificio	81
Tabla 3: Entradas	82
Tabla 4: Escaleras	83
Tabla 5: Punto peligrosos	84
Tabla 6: Calles y avenidas	85
Tabla 7: Sistema Estructural	86
Tabla 8: Sistemas de Cimentación.....	88
Tabla 9: Año de Construcción	89
Tabla 10: Ara de edificio	90
Tabla 11: Sistema de suelo.....	91
Tabla 12: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Akuaba	100
Tabla 13: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Akuaba	101
Tabla 14: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Nautilus	106
Tabla 15: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Nautilus	107
Tabla 16: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Torre Molinos.....	115
Tabla 17: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Torre Molinos .	116
Tabla 18: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Albatros	125
Tabla 19: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Albatros	126

Tabla 20: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Spondylus.....	135
Tabla 21: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Spondylus	135
Tabla 22: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Torre Mar.....	144
Tabla 23: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Torre Mar	144
Tabla 24: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Mikonos	149
Tabla 25: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Mikonos.....	150
Tabla 26: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Capitán	156
Tabla 27: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Capitán.....	156
Tabla 28: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Vista Mar	163
Tabla 29: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Vista Mar	164
Tabla 30: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Neptuno.....	172
Tabla 31: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Neptuno.....	172
Tabla 32: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Punta Norte	177
Tabla 33: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Punta Norte	178
Tabla 34: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio El Faro.....	182
Tabla 35: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio El Faro.....	183
Tabla 36: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Las Gaviotas.....	189
Tabla 37: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Las Gaviotas ..	189
Tabla 38: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Cariló	194
Tabla 39: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Cariló.....	195
Tabla 40: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Ocean Bay Tower ...	202

Tabla 41: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Ocean Bay Tower	203
Tabla 42: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Agua Marina	209
Tabla 43: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Agua Marina ...	210
Tabla 44: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio El Pirata	215
Tabla 45: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio El Pirata.....	216
Tabla 46: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Torre Sol.....	219
Tabla 47: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Torre Sol	220
Tabla 48: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio S/N Dañado	229
Tabla 49: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio S/N Dañado....	230
Tabla 50: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Dos Hemisferios	234
Tabla 51: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Dos Hemisferios	235
Tabla 52: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Sucre	241
Tabla 53: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Sucre.....	242
Tabla 54: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Horizonte	246
Tabla 55: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Horizonte	247
Tabla 56: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Las Brisas.....	252
Tabla 57: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Las Brisas	253
Tabla 58: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Centinela	255
Tabla 59: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Centinela	256

Tabla 60: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Hotel Patricio's.....	262
Tabla 61: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Hotel Patricio's.....	263
Tabla 62: Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Torre Mariana	268
Tabla 63: Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Torre Mariana	269
Tabla 64: Resumen del índice de vulnerabilidad sísmica y tsunami (Iv)	277
Tabla 65: Resumen de los efectos de la fuerza del tsunami.....	355

Índice de figuras

Figura 1 Entorno geodinámico de Ecuador.....	39
Figura 2 Entorno geográfico del área de estudio	41
Figura 3 Ciudad de Bahía de Caráquez.....	43
Figura 4 Faro y la ciudad principal de Bahía de Caráquez.....	45
Figura 5 Panorámica aérea de Bahía de Caráquez	46
Figura 6 Delimitación de subcuencas fluviales.....	47
Figura 7 Batimetría para el área de interés.....	49
Figura 8 Definición de Tsunami Run up y amplitud de Tsunamis.....	50
Figura 9 Edificios con Piso Blando.....	53
Figura 10 Edificios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí	55
Figura 11 Edificio Abierto.....	56
Figura 12 Vista en planta de estructuras.....	67
Figura 13 Viga que sobresale de la losa y viga mal construida.....	70

Figura 14 Vista en planta de dos vigas que llegan a una columna.....	71
Figura 15 Estructuras con elementos cortos.....	72
Figura 16 Pared con pila de piedra.....	74
Figura 17 Amplitud máxima de onda.....	94
Figura 18 Mapa con los tiempos de evacuación.....	95
Figura 19 Mapa con las horas de llegada de tsunami.....	96
Figura 20 Zonificación de áreas.....	97
Figura 21 Mapa de ubicación.....	99
Figura 22 Edificio AKUABA.....	100
Figura 23 Losa Alivianada Bidireccional Ed. AKUABA.....	103
Figura 24 Edificio Nautilus.....	105
Figura 25 Piscina en Primer Piso.....	108
Figura 26 Losa Plana Bidireccional.....	109
Figura 27 Columnas Circulares.....	109
Figura 28 Muros de Corte en Pent-house.....	110
Figura 29 Mampostería de Bloque Hueco.....	110
Figura 30 Encamisado y Placas de Acero en Columna Circular.....	111
Figura 31 Reforzamiento de Columna Rectangular con Encamisado de Acero.....	112
Figura 32 Reforzamiento de Muros Estructurales.....	112
Figura 33 Escaleras Interiores.....	113
Figura 34 Escaleras y Muro Estructural.....	114

Figura 35 Edificio Torre Molinos	115
Figura 36 Muro de corte del ascensor.....	118
Figura 37 Columnas y vigas descolgadas.....	118
Figura 38 Ventanas grandes.....	119
Figura 39 Losa Steel deck	120
Figura 40 Sospecha de edificio Abierto.....	121
Figura 41 Nudo Interior	121
Figura 42 Columnas Juntas (viga corta)	122
Figura 43 Dimensión de escaleras.....	123
Figura 44 Edificio Albatros.....	125
Figura 45 Vigas descolgadas y Muros de corte	128
Figura 46 Losas de edificio Albatros	128
Figura 47 Elevación del edificio Albatros	129
Figura 48 Diseño de nudos.....	131
Figura 49 Acceso a escaleras.....	132
Figura 50 Entrada peatonal del edificio Albatros.....	132
Figura 51 Vista al estero desde la terraza de edificio Albatros	133
Figura 52 Edificio Spondylus	134
Figura 53 Muros de corte edificio Spondylus	137
Figura 54 Vigas y losa edificio Spondylus.....	138
Figura 55 Encamisado de vigas edificio Spondylus	139

Figura 56 Perfilera para cielo falso edificio Spondylus	140
Figura 57 Manchas de humedad últimos plantas edificio Spondylus	140
Figura 58 Entrada edificio Spondylus	141
Figura 59 Escaleras edificio Spondylus	142
Figura 60 Edificio Torre Mar	143
Figura 61 Losa Deck sobre vigas de Hormigón	146
Figura 62 Balcones presentes en el Edificio Torre Mar	147
Figura 63 Edificio Mykonos.....	149
Figura 64 Acabados de la Estructura	152
Figura 65 Informe Cálculo de Reforzamiento.....	153
Figura 66 Entrada Peatonal y Vehicular.....	154
Figura 67 Escaleras Continuas	154
Figura 68 Edificio Capitán.....	155
Figura 69 Protuberancia del edificio.....	159
Figura 70 Piso superior de menor área.....	159
Figura 71 Viga corta	160
Figura 72 Equipo contra incendios dentro de una pared.....	160
Figura 73 Dimensión de escalera	161
Figura 74 Edificio Vista Mar	163
Figura 75 Fragmento de Planos de Edificio Vista Mar	166
Figura 76 Columnas y vigas de Vista mar.....	167

Figura 77 Viga descentrada.....	167
Figura 78 Sospecha de viga corta	168
Figura 79 Estado de conservación del edificio	169
Figura 80 Espacio de gradas	169
Figura 81 Edificio Neptuno.....	171
Figura 82 Manchas de humedad edificio Neptuno	174
Figura 83 Edificio Punta Norte	176
Figura 84 Losa con Vigas Banda	180
Figura 85 Daños provocados por el Terremoto de 2016	181
Figura 86 Edificio El Faro.....	182
Figura 87 Área Social y Piscina	184
Figura 88 Losa Alivianada Bidireccional	185
Figura 89 Vigas Descolgadas y Columnas Rectangulares.....	185
Figura 90 Vigas Descolgadas y Columnas Rectangulares.....	186
Figura 91 Escaleras a Pisos Superiores	187
Figura 92 Red Sanitaria y Contra Incendios.....	187
Figura 93 Edificio Las Gaviotas	188
Figura 94 Edificio Cariló.....	193
Figura 95 Muros, vigas y columnas	197
Figura 96 Distribución en planta	198
Figura 97 Configuración en elevación.....	198

Figura 98 Conexión de elementos críticos	199
Figura 99 Ubicación del edificio Cariló	200
Figura 100 Edificio Ocean Bay Tower	202
Figura 101 Columna planta baja edificio Ocean Bay Tower	204
Figura 102 Manchas de humedad edificio Ocean Bay Tower	206
Figura 103 Entrada principal edificio Ocean Bay Tower	207
Figura 104 Escaleras edificio Ocean Bay Tower	208
Figura 105 Edificio Agua Marina	209
Figura 106 Reforzamiento Edificio Agua Marina	213
Figura 107 Edificio El Pirata	214
Figura 108 Escaleras Continuas	217
Figura 109 Entrada Principal	217
Figura 110 Edificio Torre Sol	219
Figura 111 Viga ligeramente descolgada	221
Figura 112 Columnas de dimensiones que parecen ser apropiadas	221
Figura 113 Muros de mampostería para ascensor	222
Figura 114 Columna con láminas de acero	223
Figura 115 Piso superior de menor área	224
Figura 116 Sospecha de columna Corta	225
Figura 117 Fallas en mampostería	226
Figura 118 Dimensión de escalera	227

Figura 119 Edificio sin nombre y abandonado	229
Figura 120 Hormigueros y daño en columnas.....	231
Figura 121 Vigas perdidas en losa y daño estructural.....	232
Figura 122 Edificio Dos hemisferios.....	233
Figura 123 Columnas y muros de corte edificio Dos hemisferios	236
Figura 124 Vigas y losas sin afectaciones luego del terremoto del año 2016.....	237
Figura 125 Manchas planta baja Edificio dos hemisferios.....	238
Figura 126 Escaleras Edificio dos hemisferios.....	239
Figura 127 Edificio Sucre.....	241
Figura 128 Elementos no Estructurales	244
Figura 129 Edificio Horizonte.....	245
Figura 130 Muros de contención.....	248
Figura 131 Irregularidades de la Edificación	250
Figura 132 Entrada Principal y Vehiculares	250
Figura 133 Edificio Las Brisas	251
Figura 134 Edificio cerrado para observación.....	254
Figura 135 Edificio Centinela	255
Figura 136 Muro de corte y vigas descolgadas.....	258
Figura 137 Conexión de elementos viga-columna	259
Figura 138 Frente del edificio desde el segundo piso	260
Figura 139 Océano Pacifico frente a edificio Centinela.....	260

Figura 140 Edificio Hotel Patricio's.....	262
Figura 141 Daños por terremoto año 2016 en edificio Hotel Patricio's	264
Figura 142 Ingreso no permitido al Hotel Patricio's	266
Figura 143 Edificio Torre Mariana.....	267
Figura 144 Organización del sistema resistente	271
Figura 145 Configuración en Planta.....	272
Figura 146 Edificios Analizados	275
Figura 147 Edificios Analizados según IV	276
Figura 148 Mapa de las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad sísmica	280
Figura 149 Mapa de las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad frente tsunamis	281
Figura 150 Edificio de cinco pisos en Kesenuma, Japón	286
Figura 151 Modelo matemático para pasamano	306
Figura 152 Modelo matemático peldaño	308
Figura 153 Reacciones y momentos en escalera	311
Figura 154 Reacciones y momentos en descanso.....	313
Figura 155 Geometría General del Pórtico	318
Figura 156 Espectro de Diseño.....	319
Figura 157 Desplazamientos, deriva por piso y Corte por piso	320
Figura 158 Modelamiento de la Escalera.....	321
Figura 159 Rubro Deck y/o Novalosa 0.65	322

Figura 160 Rubro Hormigón en novalosas $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	323
Figura 161 Rubro Malla electrosoldada $\varnothing 6c/.10$	324
Figura 162 Rubro Acero de estructural	325
Figura 163 Rubro Hormigón en peldaños	326
Figura 164 Rubro Masillado y escobillado en descansos.....	327
Figura 165 Rubro Masillado y escobillado en peldaños	328
Figura 166 Rubro Gypsum de humedad en tumbado tapa grada.....	329
Figura 167 Rubro Estuco en tumbados gypsum	330
Figura 168 Rubro Pintura caucho en tumbados gypsum	331
Figura 169 Rubro Pasamanos con tubo negro, incluye pintura.....	332
Figura 170 Rubro Picado y resanes generales	333
Figura 171 Rubro Limpieza de obra.....	334
Figura 172 Presupuesto Referencial.....	335
Figura 173 Destrucción total de un grupo de casas	339
Figura 174 Casas de playa con diferentes niveles de daño	340
Figura 175 Casa de playa de mampostería dañada.....	341
Figura 176 Ejemplo de mezquita de hormigón armado.....	342
Figura 177 Escena de devastación casi total en Minamisanriku, Japón.....	343
Figura 178 Colapso progresivo de los pisos superiores de un estacionamiento	345
Figura 179 Diseño de muestra de estructuras de evacuación verticales.....	350
Figura 180 40 personas en 3,34 metros cuadrados	353

Resumen

La costa ecuatoriana presenta una alta amenaza sísmica y de generación de tsunamis debido a su proximidad a la zona de subducción entre la placa oceánica de Nazca y las continentales de Sudamérica y Caribe. Los posibles tsunamis cercanos hacen que la evacuación a una zona segura elevada cuente con un corto tiempo de respuesta. El caso de estudio corresponde a la línea costera de Bahía de Caráquez donde se considera que la ola puede llegar a una altura de 6 metros. Es clave evaluar las edificaciones aptas para evacuación vertical. Para ello, se realizó la evaluación de la vulnerabilidad estructural de 26 edificios. Para el índice de vulnerabilidad sísmica (IVS) se utilizó la Metodología Italiana Modificada y para el índice de vulnerabilidad frente a tsunamis (IVT) se adaptaron criterios a partir de la FEMA 2019. Sólo uno de los 26 edificios evaluados, el Cariló, obtuvo valores inferiores a 30 tanto para el IVS como para el IVT siendo categorizada como una estructura segura. Una limitación generalizada se debe a que los edificios son de propiedad privada, por ello, tanto la entrada como las escaleras de acceso están limitados al público en caso de evacuación frente a tsunamis, para abordar este problema, se han propuesto adaptaciones. Finalmente se ha elaborado una guía metodológica para la Norma Ecuatoriana de la Construcción para dar criterios constructivos que sirvan en el diseño de edificios con atributos que los hagan tsunami y sismo resistentes, además de características que faciliten la evacuación vertical de las personas al momento de un tsunami.

- Palabras claves:

- **VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL**
- **SISMOS**
- **TSUNAMIS**
- **BAHÍA DE CARÁQUEZ**
- **EVACUACIÓN VERTICAL**

Abstract

The Ecuadorian coast presents a high seismic and tsunami hazard due to its proximity to the subduction zone between the Nazca oceanic plate and the South American and Caribbean continental plates. The possible nearby tsunamis mean that evacuation to an elevated safe zone has a short response time. The case study corresponds to the coastline of Bahía de Caráquez where it is considered that the wave can reach a height of 6 meters. It is essential to evaluate the buildings suitable for vertical evacuation. To this end, the structural vulnerability of 26 buildings was evaluated. For the seismic vulnerability index (SVI) the Modified Italian Methodology was used and for the tsunami vulnerability index (TVI) criteria were adapted from FEMA 2019. Only one of the 26 buildings evaluated, the Cariló, obtained values below 30 for both SVI and TVI and was categorized as a safe structure. A generalized limitation is due to the fact that the buildings are privately owned, therefore, both the entrance and access stairs are limited to the public in case of tsunami evacuation, to address this problem, adaptations have been proposed. Finally, a methodological guide has been prepared for the Ecuadorian Construction Standard to provide construction criteria for the design of buildings with attributes that make them tsunami and seismic resistant, as well as features that facilitate the vertical evacuation of people in the event of a tsunami.

- Keywords:

- **STRUCTURAL VULNERABILITY**
- **EARTHQUAKES**
- **TSUNAMIS**
- **BAHÍA DE CARÁQUEZ**
- **VERTICAL EVACUATION**

Capítulo I

Contenidos Generales

Antecedentes

Ecuador ha sido afectado por muchos eventos naturales tales como sismos o tsunamis en su historia pasada documentada. Los tsunamis son una fuerza destructiva de la naturaleza, especialmente donde se han construido asentamientos humanos en su curso de flujo. Este fenómeno ocurre con relativa frecuencia en áreas costeras a escala mundial, entre ellas, la mayor eventualidad está relacionada alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico, que incluye las costas de Ecuador en el noroeste de América del Sur.

De esta manera, los hechos destructivos pasados y recientes dentro de la costa ecuatoriana demostraron la alta vulnerabilidad de la infraestructura y la población, así como el bajo grado de preparación de las autoridades correspondientes y la ciudadanía frente a eventos naturales catastróficos.

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

Este es el caso de la ciudad de Bahía de Caráquez, en la que residencias masivas y otras construcciones estratégicas, así como actividades comerciales y turísticas se encuentran entre los lugares situados dentro de estas zonas de alta vulnerabilidad. Convivir con el riesgo parece haber sido la política común de Ecuador, frente a amenazas naturales de origen hidrometeorológico o geológico, tales como inundaciones, sequías, déficit hídrico, cambio climático, movimientos masivos y deslizamientos de tierra, actividades volcánicas, terremotos y especialmente tsunamis.

La falta de áreas naturales elevadas para evacuar frente a un evento de tsunami, en un tiempo mínimo en la zona costera de Bahía de Caráquez ha generado una preocupación en cuanto a las vidas de las personas que lamentablemente se encuentren en la zona de flujo del agua.

Ya que no se puede contar con un área natural elevada próxima para resguardarse en el corto tiempo requerido en caso de tsunamis de foco cercano, se ha propuesto utilizar los edificios cercanos al área de peligro, para que éstos puedan servir como un refugio provisional para la evacuación vertical de los ciudadanos.

Planteamiento del problema

Abordar la posibilidad de un tsunami en las costas ecuatorianas es una responsabilidad académica y social considerando las condiciones geológicas que presenta Ecuador. El tiempo de llegada de ola a las costas frente a un tsunami de foco cercano sería relativamente corto, lo que hace que las personas que se encuentran en la zona de inundación y golpe de agua, no pudieran encontrar un refugio a tiempo.

Bahía de Caráquez en la actualidad cuenta con uno de los malecones y playas más visitadas en la costa ecuatoriana, por lo que se mantiene frecuentemente transitada con una alta densidad de personas, que en caso de un tsunami en la línea costera requiere de lugares de evacuación. Al analizar la topografía de Bahía, se puede observar que un lugar elevado que pueda servir de refugio se encuentra alejado de la línea costera, este lugar, el mirador de “La Cruz” es una zona alta ubicada a casi un kilómetro y medio del malecón, lo que hace que sólo las personas que se encuentren cerca puedan utilizarlo como un lugar de evacuación, esto debido a la lejanía de la costa y al corto tiempo que

se tiene de reacción. Las áreas bajas, prácticamente planas, podrían resultar severamente dañadas con la ocurrencia de un tsunami, ya que las olas prácticamente pasarían desde el Pacífico al estuario del Río Chone. Dicha superficie plana está ocupada actualmente por una moderna e importante infraestructura física, ya que este sector es el de mayor valor agregado, donde también se concentra el potencial turístico de la ciudad.

El sector montañoso ha sido ocupado por asentamientos pobres, por lo que la infraestructura es de baja calidad (construcciones mixtas), casi sin servicios básicos, a excepción de la electricidad. Además, los flancos de los cerros son muy inestables, especialmente en la temporada de lluvias y en situaciones de estrés sísmico. Los accesos al sector montañoso carecen de facilidad debido a la fuerte inclinación del terreno, sus pendientes inestables, su ocupación y la cubierta vegetal. Existen pocas vías de ingreso al sector, las cuales se construyen con fines comunitarios (acceso a tanques de almacenamiento de agua potable, antenas de transmisión de radio y teléfono, etc.), y amplias e intrincadas gradas para uso de los habitantes de este sector elevado.

Una solución a este problema es una evacuación vertical aprovechando la propia infraestructura elevada de Bahía. Sus rascacielos podrían servir como refugios para las personas que se encuentren cercanos a estos edificios, una vez se los categorice como seguros. Estos edificios deberían soportar un evento sísmico al igual que la ocurrencia de un tsunami, para poder resguardar la vida de las personas que acudan a estos.

Al evaluar la capacidad que estos rascacielos tienen frente a un tsunami y a un sismo, se identificará cuáles de ellos categorizan como vulnerable o seguro. Así, a los más seguros, utilizarlos como refugios, mientras que los que no obtuvieron una calificación suficiente para ser seguros, se puede evaluar y brindar alternativas que hagan que estos edificios mejoren su capacidad y logren llegar a un valor que los califique como

seguros. La propuesta consiste en identificar, y de ser necesario, adaptar el mayor número de refugios de evacuación vertical para las personas que se encuentren en esta zona al momento una ocurrencia de tsunami.

Justificación e importancia

La justificación del presente proyecto es la de brindar lugares de evacuación vertical a las personas que se encuentren en la línea costera de Bahía de Caráquez, y de esta manera salvaguardar sus vidas frente a un eventual tsunami.

La importancia del presente proyecto se debe a que en Bahía de Caráquez es pionero el realizar un estudio que evalúe la capacidad de edificios frente a fuerzas sísmicas, y a la vez evalúe el potencial que estos tengan para soportar un tsunami y servir como refugios de evacuación vertical para las personas que enfrenten este evento natural.

Entre los beneficios más importantes se tiene la categorización de los rascacielos en la ciudad de Bahía de Caráquez a fin de que estos puedan ser usados como refugios frente a un tsunami. Otro beneficio de la presente investigación es la de poder brindar un diseño, y recomendaciones para estructuras que no alcanzaron la categorización de seguros pero que tienen potencial para poder servir de refugio en una evacuación vertical si implementan las adaptaciones sugeridas. Un beneficio más del presente proyecto es el aporte de una guía metodológica para la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre peligro ante tsunamis y diseño de estructuras para evacuación vertical.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis, y la idoneidad para una evacuación vertical de edificaciones existentes en Bahía de Caráquez, y elaborar una guía para la NEC sobre peligro ante tsunamis.

Objetivos específicos

- Evaluar la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Bahía de Caráquez.
- Proponer adaptaciones que permitan a la población una evacuación vertical ante tsunami en las edificaciones evaluadas y aptas de Bahía de Caráquez.
- Elaborar una guía metodológica para la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre peligro ante tsunamis y diseño de estructuras para evacuación vertical.

Capítulo II

Fundamentos teóricos

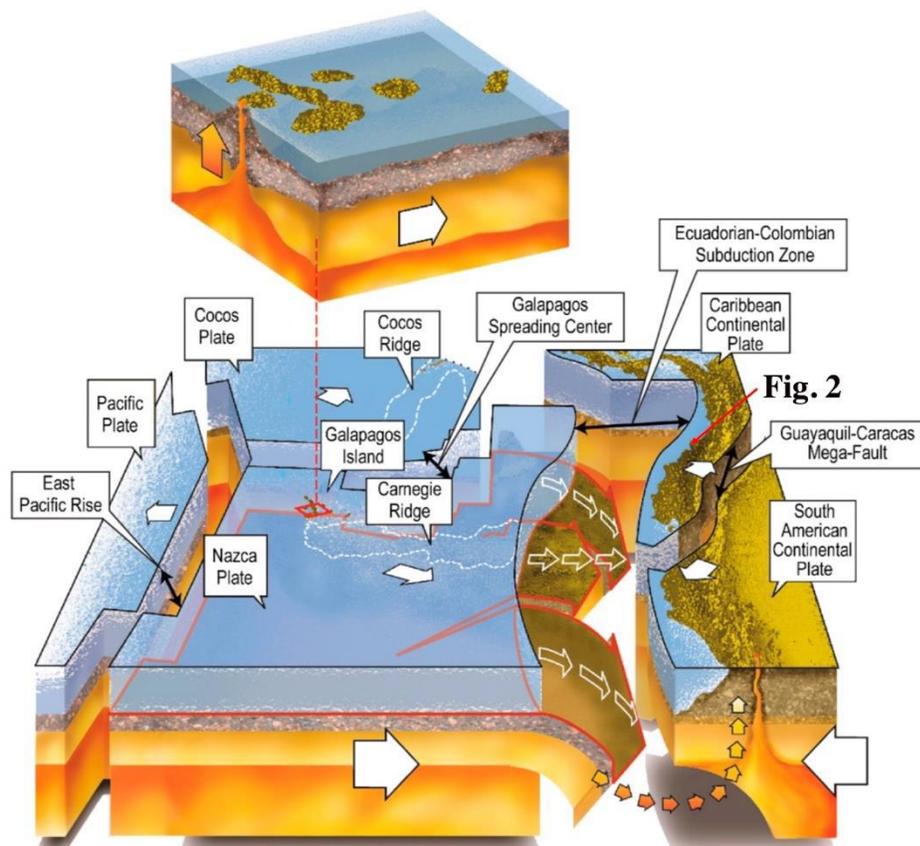
Introducción

Espacio geodinámico y área de estudio

Los tsunamis con algunos resultados devastadores, se originaron en los ambientes locales, regionales y geodinámicos lejanos propensos a golpear las áreas costeras ecuatorianas y su población relativamente poco preparada, así como sus asentamientos, que se encuentran dentro de un margen continental activo (Chunga & Toulkeridis, 2014; Heidarzadeh et al., 2017; Herd et al., 1981; Ioualalen et al., 2014; Kanamori & McNally, 1982; Mendoza & Dewey, 1984; Pararas-Carayannis, 1980, 2012). La plataforma continental costera de Ecuador está situada a lo largo de la Cuenca del Pacífico y, por lo tanto, dentro de un área que se ve afectada por particularmente por tsunamis debido a una actividad sísmica severa (Gusiakov, 2005; Pararas-Carayannis, 2012; Rodríguez et al., 2016). La constelación geodinámica es el resultado de la subducción de la placa oceánica de Nazca (junto con su cresta Carnegie situada arriba) debajo de las placas continentales de América del Sur y el Caribe, que están separadas por la mega cizalla Guayaquil-Caracas figura 1 (Egbue & Kellogg, 2010; Gutscher et al., 1999; Kellogg et al., 1995). Este margen continental activo da lugar a una variedad de tsunamis de origen tectónico y deslizamientos de tierra submarinos (Ioualalen et al., 2011; Moberly et al., 1982; Pararas-Carayannis, 2012; Pontoise & Monfret, 2004; Ratzov et al., 2007, 2010). Además, tsunamis o incluso iminamis pueden ser generados por colapsos masivos de volcanes en el archipiélago de Galápagos (Cannon, 1994; Glass et al., 2007; Kates, 1976; Keating & McGuire, 2000; McGuire, 2006; Pararas-Carayannis, 2002; Pinter & Ishman, 2008; Toulkeridis, 2011; Whelan & Kelletat, 2003).

Figura 1

Entorno geodinámico de Ecuador



Nota: Entorno geodinámico de Ecuador con placas oceánicas y continentales asociadas y una variedad de límites de placas, como los límites de placa divergentes denominados East Pacific Rise y Galápagos Spreading Center, el límite de placa convergente representado por la zona de subducción ecuatoriano-colombiana, así como el límite de placa transcurrente representado por la Mega falla Guayaquil-Caracas. También se muestran las Islas Galápagos y Carnegie Ridge. Adaptado de (Toulkeridis, 2013), modificado de (Toulkeridis & Zach, 2017).

Debido al escenario geodinámico antes mencionado, Ecuador ha sido impactado por varios peligros sísmicos y de tsunami, basados en la ocurrencia de terremotos locales,

como el 31 de enero de 1906 (8.8 Mw), el 2 de octubre de 1933 (6.9 Mw), el 14 de mayo de 1942 (7,8 Mw), diciembre 12 de 1953 (7.3 Mw), 16 de enero de 1956 (7.0), 19 de enero de 1958 (7.6 Mw), 12 de diciembre de 1979 (8.2 Mw), 4 de agosto de 1998 (7.2 Mw) y 16 de abril de 2016 (7.8 Mw), además de otras ocurrencias menos intensas (Berninghausen, 1962; Chunga & Toulkeridis, 2014; Kanamori & McNally, 1982; Pararas-Carayannis, 2012; Toulkeridis, Chunga, et al., 2017). Además de los impactos de corta duración de los tsunamis locales, Ecuador también ha sido blanco de tsunamis de origen distante, como el generado en Japón el 11 de marzo de 2011 (8,9 Mw), que resultó en un aumento considerable en las islas Galápagos y el Tierra firme ecuatoriana (Lynett et al., 2013; Norio et al., 2011; Rentería et al., 2012; Simons et al., 2011).

El área de estudio comprende la ciudad de Bahía de Caráquez, que se ubica en la zona costera norte de la provincia de Manabí, y es considerado uno de los sitios más bellos y pintorescos de todo el país por su interesante paisaje y su contacto con la Océano. La característica de esta ciudad es la de tener una morfología sinuosa, con cerros de media a alta altura y también zonas planas, estando casi al nivel del mar, que corresponden a terrazas del río Chone y a depósitos de acumulación de arena de origen fluvio-marino.

Figura 2

Entorno geográfico del área de estudio



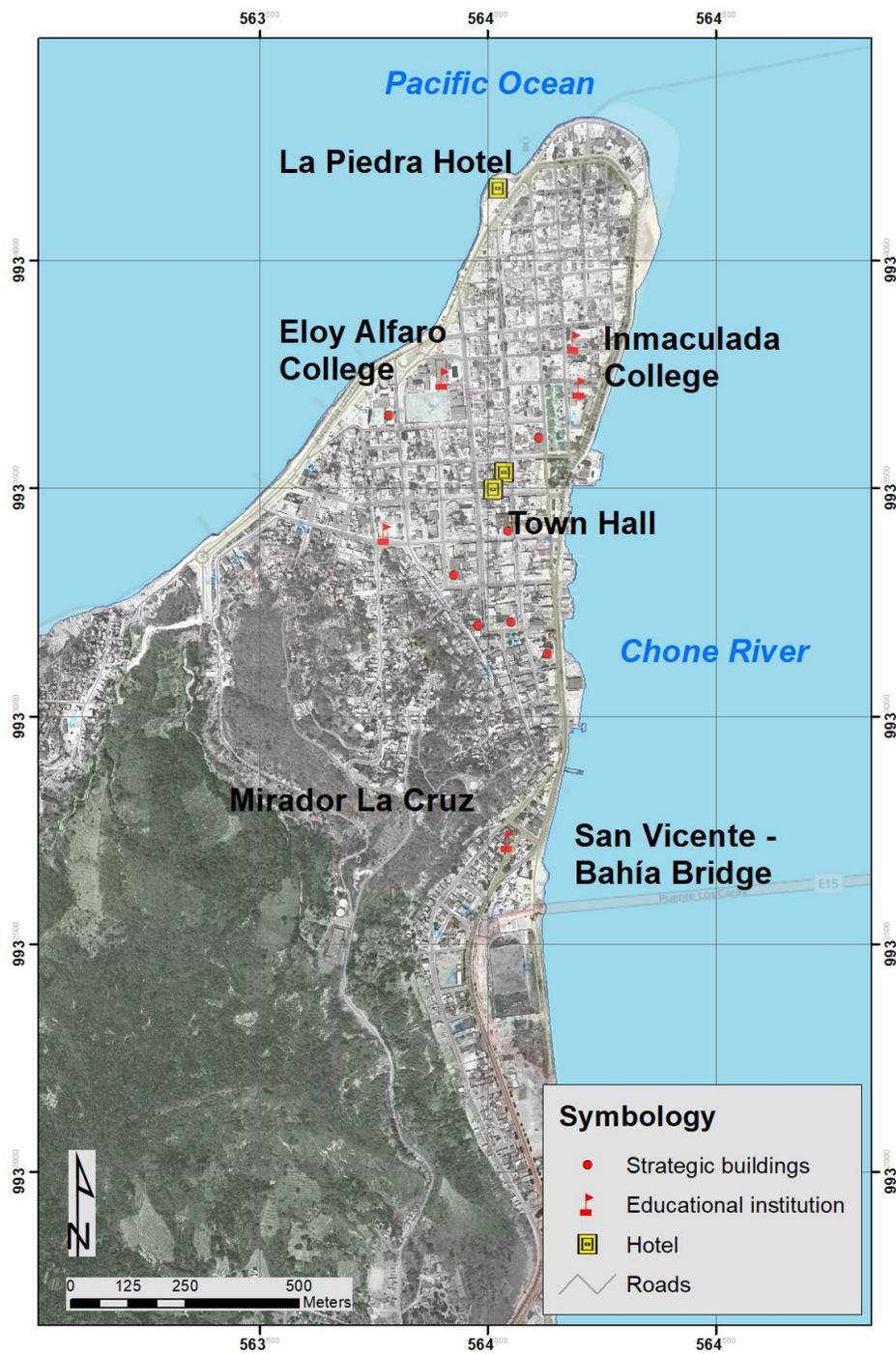
Nota: Entorno geográfico del área de estudio con la ciudad de Bahía de Caráquez, junto a la orilla de San Vicente, separada por el río Chone. El ancho de la imagen es de alrededor 17 km.

Las áreas bajas, prácticamente planas, podrían resultar severamente dañadas con la ocurrencia de un tsunami, ya que las olas prácticamente pasarían de un lado a otro. Dicha superficie plana está ocupada actualmente por una moderna e importante infraestructura física, ya que este sector es el de mayor valor agregado, donde también se concentra el potencial turístico de la ciudad. El sector montañoso ha sido ocupado por asentamientos pobres, por lo que la infraestructura es de baja calidad (construcciones mixtas), casi sin servicios básicos, a excepción de la electricidad. Además, los flancos de los cerros son muy inestables, especialmente en la temporada de lluvias y en situaciones

de estrés sísmico. Los accesos al sector montañoso carecen de facilidad debido a la fuerte inclinación del terreno, sus pendientes inestables, su ocupación y la cubierta vegetal. Existen pocas vías de ingreso al sector, las cuales se construyen con fines comunitarios (acceso a tanques de almacenamiento de agua potable, antenas de transmisión de radio y teléfono, etc.), y amplias e intrincadas gradas para uso de los habitantes de este sector elevado.

Figura 3

Ciudad de Bahía de Caráquez



Nota: La ciudad de Bahía de Caráquez con algunos elementos importantes como son la red vial, hoteles, instituciones educativas y otros edificios estratégicos

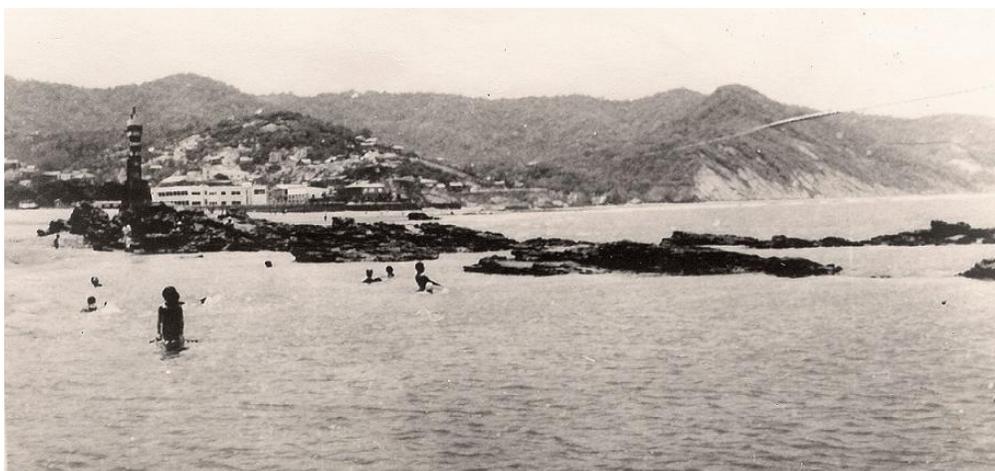
La parte plana de la ciudad de Bahía de Caráquez está construida sobre sedimentos clásticos (arcillas y areniscas) del Mioceno al Plioceno, que pertenecen a las Formaciones Onzole y Borbón (Stainforth, 1948). Sin embargo, una gran parte del extremo que da al mar está construida sobre rellenos que extendían la ciudad hasta el faro (El Faro). La ciudad sufrió recientemente un gran daño con el terremoto del 4 de agosto de 1998 (7,2 Mw), cuyo epicentro estuvo a apenas 3 km del centro de la ciudad, con el distante tsunami del 11 de marzo de 2011 de Japón con daños leves, y últimamente con el terremoto del 16 de abril de 2016 (Mw 7.8) con epicentro a unos 105 km al norte (Chunga, et al., 2019^a;b; Morales et al., 2018; Pararas-Carayannis, 2011; Toulkeridis, et al., 2017). La ciudad cuenta con unos 57.159 ciudadanos permanentes, con una densidad de población de 143,55 habitantes por km. 2. Un elemento estratégico importante de la ciudad lo representa el puente más grande del país, denominado “Los Caras” (Ilustración.3). Este puente que conecta Bahía de Caráquez con San Vicente fue construido en 2010 y cuenta con aisladores sísmicos (Aroca et al., 2018).

Lamentablemente, en todo el país de Ecuador y de manera similar a países en desarrollo equivalentes, el uso de la tierra con respecto a la zonificación de amenazas no ha sido una prioridad en la política del estado como se ha observado en varios casos (Barreto-Álvarez et al., 2020; Echegaray-Aveiga et al., 2019; Herrera-Enríquez et al., 2020; Robayo et al., 2020; Sanchez et al., 2019; Zapata et al., 2020). Bahía de Caráquez no es una excepción, donde para ampliar el terreno de la ciudad se ha aplicado un relleno sanitario con el fin de ampliar el área de construcción hacia el anteriormente mencionado islote del Faro (El Faro), incorporándolo. Esta extensión, es hoy en día una ampliación de la vulnerabilidad de la ciudad ante potenciales tsunamis y representa adicionalmente una inestabilidad con respecto a futuros movimientos sísmicos. Por tanto, lógicamente, en la ciudad de Bahía de Caráquez, las zonas más alejadas de las playas del Océano Pacífico

y del estuario del río Chone que corresponde a las estribaciones y las colinas mismas, se considera relativamente seguro. Por ello, los habitantes de los barrios centrales, ubicados al pie de los cerros, necesitan tiempos de evacuación más cortos (entre 0 a 8 minutos) para llegar a estos sectores.

Figura 4

Faro y la ciudad principal de Bahía de Caráquez



Nota: Nótese en la imagen del año 1960 la distancia del antiguo Faro y la ciudad principal de Bahía de Caráquez en ese entonces, que luego se llenó y se amplió la ciudad.

En la península de Bahía de Caráquez predomina el clima de Sabana tropical, al norte el clima cambia a monzón tropical. El clima tipo sabana presenta una marcada tendencia seca entre junio y noviembre, así como una tendencia a lluvias o inviernos entre enero y abril. En invierno, hay mayor desgaste de la cobertura del suelo y un mayor flujo de escombros que descienden por la pendiente, donde algunas casas pueden derrumbarse.

Figura 5*Panorámica aérea de Bahía de Caráquez*

Nota: Panorámica aérea de Bahía de Caráquez, de norte a sur. Del lado izquierdo se encuentra el estuario del río Chone, así como parte del puente San Vicente - Bahía y hacia el lado derecho está el Océano Pacífico.

Los edificios derrumbados en Bahía están directamente relacionados con los tipos de suelos, que son coluviales y que cubrían canales paleo-fluviales, donde las amplificaciones de las ondas sísmicas duraron más. También pueden existir otros tipos de suelos principalmente arenosos en la zona de la llanura costera. El reconocimiento de campo geológico (Ilustración. 6) ha permitido corroborar el comportamiento geomecánico y la inestabilidad del talud, de hecho, los escarpes de deslizamientos rotacionales y traslacionales tienen tendencias de movimiento a lo largo del eje de los afluentes del río. La fácil desintegración del sustrato rocoso por las aguas de escorrentía aumenta las aberturas de las grietas de tracción y forma colapsos posteriores de estratos limosos. Cabe señalar que estos estratos presentan juntas o grietas, que se rellenan y colocan con escayola o gypsum. En varias viviendas de la parte alta del mirador de La Cruz, se

pueden ver múltiples grietas de tracción con aberturas que alcanzan entre 15 y 30 cm, mientras que sus dimensiones de apertura disminuyen al acercarse a la calle, donde hay grietas entre los 10 a 15 cm. Las distancias entre las grietas son del orden de 0,8 m, 1 m, 1,4 m y 1,6 metros de distancia.

Figura 6

Delimitación de subcuencas fluviales



Nota: Delimitación de subcuencas fluviales (líneas amarillas) caracterizadas por arroyos intermitentes, activos solo en temporadas invernales y fenómeno “El Niño”, y formación de surcos profundos por incisión de aguas de escorrentía en la ladera, alrededor de la parte baja del mirador de “La Cruz”.

En la parte frontal, cerca del mirador de la Cruz, se encuentran evidencias de deslizamientos de tierra potencialmente activos. Desde el punto de vista del análisis geológico estructural, tienden estructuralmente en la misma dirección $N100^\circ$ a $N110^\circ$, siendo la misma tendencia a la inclinación del talud, lo que lo convierte en un sitio con un alto nivel de inestabilidad. La capa de suelo y el material del talud coluvial son

desplazados verticalmente por un reciente escarpe deslizante de tipo rotacional de manera inactiva, donde el desplazamiento vertical es de 40 cm de altura, con una tendencia de N100 ° que corre paralela a la dirección de la inclinación del talud. Esta directriz estructural tiene una tendencia de rodamiento de N12 °.

Las características geológicas inestables de grietas y deslizamientos de tierra ya eran evidentes en el mirador de la Cruz, en 1999 cuando se comenzaron a construir las primeras casas en esta parte alta de la ciudad de Bahía de Caráquez. En 2013, las casas ya reportaron daños en sus muros, y pisos, y la parte posterior ya mostraba indicios de desprendimiento por encontrarse en una zona de pendiente natural inestable. Durante el terremoto de 1998, en el sector La Cruz del Mirador, 56 viviendas que ya tenían un historial de daños menores que quedaron inhabitables, y durante el fuerte terremoto del 16 de abril de 2016 (Mw 7.8) colapsaron.

Metodología

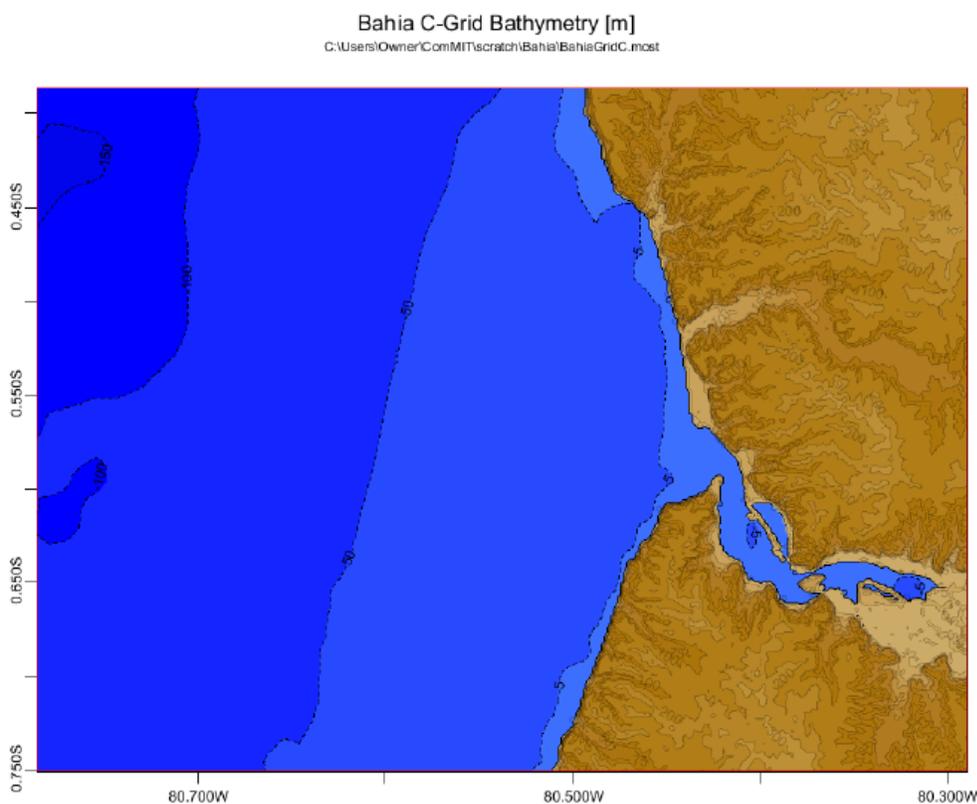
Evaluación de la altura de las olas y escenario de impacto potencial

En esta investigación, se utilizó la herramienta de modelado de tsunamis ampliamente validada, el modelo ComMIT / MOST (Interfaz de modelo comunitario para tsunamis), que es una interfaz habilitada para el modelo comunitario de tsunamis desarrollado por el Centro de Investigación de Tsunamis de la NOAA (NCTR). Esta interfaz permite ejecutar el modelo MOST (Método de división de tsunamis), un modelo no lineal de aguas poco profundas, que ha sido ampliamente validado a partir de observaciones de campo y experimentos de laboratorio. Ilustración 7 (Titov et al., 2011; 2016).

Considerando los escenarios geodinámicos y la evaluación de peligros con respecto a posibles terremotos en esta área, simulamos un terremoto de 8 Mw, que es mayor que los eventos históricos, pero cubramos la falta de información confiable en el catálogo nacional sobre temblores.

Figura 7

Batimetría para el área de interés



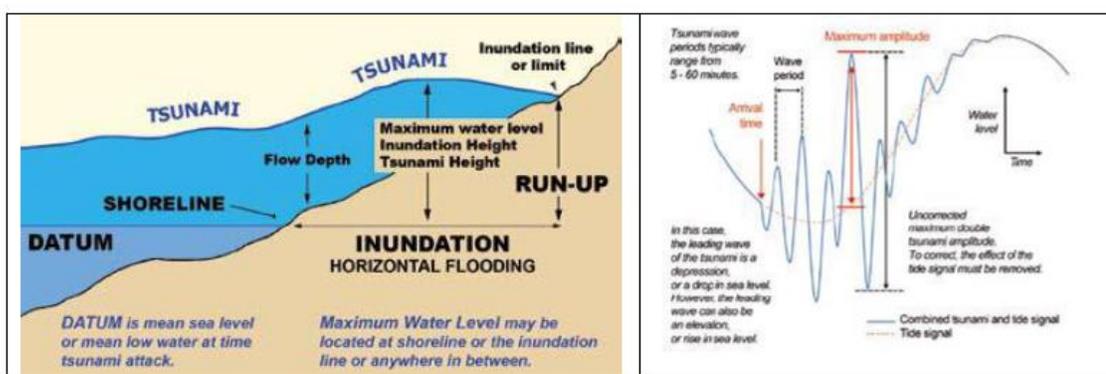
Nota: Batimetría para el área de interés, tomada de un conjunto de datos globales, basado en la aplicación Commit / Most.

Con base en este modelo, podemos evaluar el modelo potencial con la amplitud de onda correspondiente, y no el run up (Comisión Oceanográfica Intergubernamental,

2019). Es importante no confundir la amplitud de la ola con la crecida o run up, esta última es la altura máxima del agua que corre hacia la tierra, pero como mencionamos anteriormente, la restricción de resolución de datos de nuestros resultados, en este caso limita para tener una buena información en inundaciones horizontales (Ilustración. 8).

Figura 8

Definición de Tsunami Run up y amplitud de Tsunamis



Nota: Tomado de (Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 2019)

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

Metodología italiana modificada para calcular índice de vulnerabilidad

Existen varias metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras de Hormigón Armado, una de ellas es la denominada Metodología Italiana, con la que se halla el Índice de Vulnerabilidad. Este método mantiene la mayor parte de parámetros, pero la forma de evaluación de cada uno de ellos ha sido modificada en base a la experiencia del autor (Aguar, 2018).

Es importante que la evaluación del Índice de Vulnerabilidad sea realizada por un Profesional con experiencia y complementar su estudio con un 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 (Aguiar, 2018).

No se pretende decir que solo con la inspección visual o al aplicar la Metodología Italiana o cualquier otra, es suficiente. No, siempre se requerirá hacer una simulación en el computador especialmente en los casos que se tienen dudas. En este punto es importante destacar que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica debe ser realizada por un Profesional con experiencia. La experiencia es fundamental, no solo en este campo de la vulnerabilidad sísmica, sino en la mayor parte de casos del convivir de las personas. Lo que se recomienda es que quien tenga la experiencia empiece a transmitir sus conocimientos desde las aulas universitarias y analizando en el campo, casos prácticos (Aguiar, 2018).

Fallas frecuentes

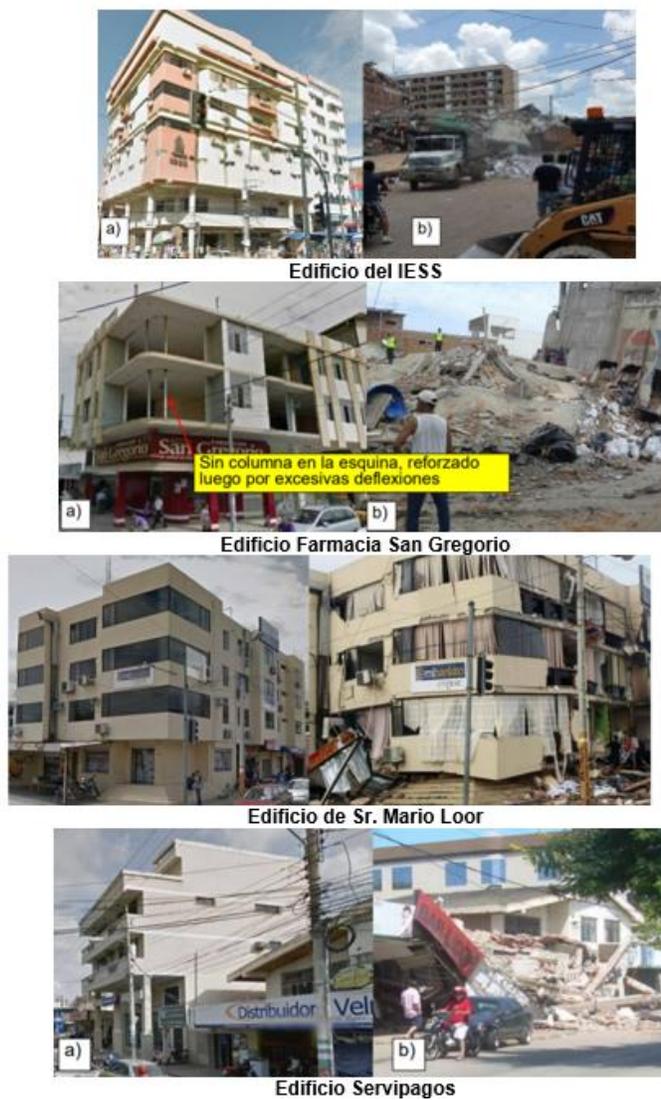
Existen fallas que se repiten en cada terremoto, a tal punto que tienen nombre y apellido, sin embargo, se las sigue cometiendo en las nuevas edificaciones que aparecen o se encuentran presentes en estructuras que no han sido afectadas por un sismo fuerte en el pasado. Es importante conocer estas fallas y darles un mayor puntaje en la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica con la Metodología Italiana, modifica por el primer autor de este estudio (Aguiar, 2018).

Piso Blando

La Ordenanza Municipal, para la ciudad de Portoviejo, pedía que la planta baja, de los edificios del centro de la ciudad, deben tener una altura de 4.5 m. Los Proyectistas estructurales cumplían con este requisito y en los pisos superiores la altura de los entresijos estaba alrededor de los 3.0 m. Las secciones de las columnas de la planta baja, continuaban hacia los pisos superiores. En estas condiciones la rigidez de la planta baja es menor que la rigidez del primer piso, debido a la altura de piso que en el primer caso es de 4.5 m, y en el piso superior es de 3.0 m (Aguar, 2018).

Figura 9

Edificios con Piso Blando



Nota: Edificios con Piso Blando que colapsaron en la Zona Cero de Portoviejo, tomado de (Aguiar & Mieles, 2016)

Columna Corta

Normalmente, la falla denominada Columna Corta se presenta, cuando la mampostería está acoplada a las columnas y no cubre toda la altura del piso, dejando en la parte superior una ventana, como lo ilustra la figura 1.4. Se tiene la falla de columna corta si:

$$h \leq 0.25 H$$

Donde h es la altura libre y H es la altura total del piso. El problema se da es que se realizó el análisis estructural considerando un solo elemento de altura H , pero en la realidad se tienen dos elementos uno de altura h , que es muy rígido lateralmente ($t = (12 EI) / h^3$) y otro elemento de altura $(H-h)$ que también es muy rígido por la presencia de la mampostería. Los dos elementos por separado tienen mayor rigidez a la que fue calculado y cuando es demandado por la acción sísmica el elemento corto, en realidad no tiene gran rigidez y tiene una falla de corte (Aguilar, 2018).

Figura 10

Edificios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí



Edificio de Parqueadero



Edificio de Vicerrectorado



Facultad de Medicina

Nota: Edificios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ULEAM con falla de Columna Corta. Afectados durante el terremoto de 2016 (Aguiar & Zambrano, 2018).

Edificio Abierto

Esta falla se presenta en construcciones esquineras ubicadas en el Centro de las grandes ciudades, donde por razones de espacio sus construcciones se adosan a las edificaciones vecinas. En los lados que da a la calle, se deja en la planta baja, espacios abiertos ya que son destinados a almacenes (Aguiar, 2018).

Figura 11

Edificio Abierto



Nota: Estructuras con falla denominada: Edificio Abierto ubicadas en la Zona Cero de Tarqui y que tuvieron un mal comportamiento durante el terremoto de 2016 (Aguiar & Zambrano, 2018).

METODOLOGÍA ITALIANA MODIFICADA

La Metodología Italiana, para evaluar el Índice de Vulnerabilidad sísmico I_V , fue propuesto por (Benedetti & Petrini, 1984) y acogido por un ente gubernamental como es el (GNDT, 1986) Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti. En la tabla 1, 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 1:

Parámetros para evaluar el Índice de Vulnerabilidad en Edificios de Hormigón Armado.

Parámetro	Clase K_i			W_i
	A	B	C	
1. Organización del Sistema Resistente	0	6	12	1,00
2. Calidad del Sistema Resistente	0	6	12	0,50
3. Resistencia Convencional	0	11	22	1,00
4. Posición del Edificio y Cimentación	0	2	4	0,50
5. Losas	0	3	6	1,00
6. Configuración en Planta	0	6	12	1,00

7. Configuración en Elevación	0	11	22	1,00
8. Conexión de elementos críticos	0	3	6	0,75
9. Elementos de baja ductilidad	0	6	12	1,00
10. Elementos no Estructurales	0	4	10	0,25
11. Estado de Conservación	0	10	20	1,00
12. Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0	11	22	1,00

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

El incremento de este parámetro tiene su razón y es debido a que, en Bahía de Caráquez, no se reforzaron algunas estructuras que fueron afectadas por el sismo de 1998 y que posteriormente, en el terremoto de 2016, tuvieron gran daño que hizo obligado a derrocar la estructura (Aguiar & Zambrano, 2018).

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 a lo observado en los sismos de Macas (1995, $M=6.8$); Bahía de Caráquez (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 1.1, 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 1, 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 1. Habrá casos en que la estructura para uno de los parámetros tenga un valor entre B y C o entre A y B.

Organización del sistema resistente

Ese parámetro califica si es una estructura con muros de corte o no, si tiene vigas descolgadas, etc, a continuación, se indica lo que se debe considerar para que una estructura pueda clasificar 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.

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.

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.

Se recalca una vez más que lo importante es ver si la estructura es rígida, medianamente rígida o flexible (Aguiar, 2018).

Calidad del sistema resistente

Es importante llevar un esclerómetro o un equipo de ultrasonido para encontrar la resistencia del hormigón. En los planos estructurales puede indicar que se calculó con una determinada resistencia del hormigón a la compresión, pero esta debe ser comprobada con los ensayos indicados (Aguiar, 2018). O se puede tener confianza en lo que detallan los planos, aunque han existido casos en gran cantidad en la que la resistencia mostrada en los cálculos y planos difiere de la que verdaderamente tiene en la estructura, esto a causa de diversas razones como son la mala calidad de los materiales, o la falta de fiscalización en la obra. La clasificación en este parámetro viene presentada por las siguientes normas

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 oxido. Por otra parte, se ve que la mampostería utilizada es de buena calidad y que se encuentra bien confinada. Las juntas de construcción tienen buenos acabados y están debidamente selladas (Aguiar, 2018).

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).

Clase B

Son aquellas que no clasifican como A ni como C.

Se recomienda ser estrictos al momento de calificar, si un elemento demuestra tener algún problema, pero los demás parecen estar bien, no se puede calificar como estructura segura y dar una calificación A, ya que este elemento es suficiente para castigar a la estructura en dicho parámetro.

Resistencia Convencional

En este parámetro de Resistencia Convencional se desea calcular entre 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).

$$V_0 = \frac{I S_a}{R \phi_p \phi_e} W$$

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 (Aguiar, 2018).

Ahora la capacidad al corte de una estructura, en teoría es igual a la capacidad al corte de los elementos de hormigón armado más la capacidad al corte de la mampostería. En el terremoto de Pedernales de 2016, quedó de manifiesto que la mampostería se dañó demasiado (explota) de tal manera que aporta durante el inicio del sismo, cuando llega la fase intensa del sismo está se dañó. Por esto se recomienda calcular la capacidad al corte solo con la capacidad de los elementos de hormigón armado y en función únicamente de los elementos verticales (columnas y muros) (Aguiar, 2018).

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

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 (1.4) 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).

Ahora se determina la relación entre Capacidad y Demanda, mediante el parámetro α

$$\alpha = \frac{V}{V_0}$$

Clase A

$$\alpha \geq 1.5$$

Clase B

$$1.0 \leq \alpha < 1.5$$

Clase C

$$\alpha < 1.0$$

Posición de edificio y cimentación

En este parámetro se califica la posición en la que se encuentra el edificio dependiendo del perfil de suelo sobre el cual este cimentado.

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).

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%.

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).

Losas

Lo que se calificara en este parámetro será la altura de compresión que tenga la losa, y su resistencia a la misma, entre otros varios detalles que se presentan 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, sin son columnas son muy vulnerables, si tienen muros de corte no es vulnerable (Aguiar, 2018).

Configuración en Planta

A más de dos años del terremoto de 2016 de Ecuador, en el Centro de Manta y Portoviejo, se observan algunos solares esquineros sin ninguna construcción, pues la que tuvieron ya no existe, colapsó. Eran Edificios Abiertos, que tuvieron problemas de torsión en planta, de tal manera que este tipo de estructuras son Clase C (Aguiar, 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: (Aguiar, 2018).

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

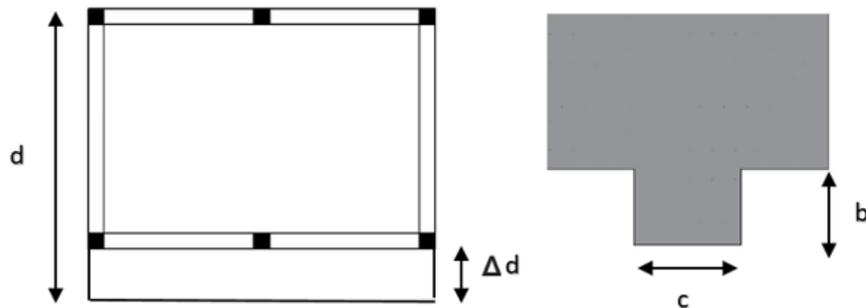
Donde e_x , e_y , son las excentricidades estáticas en sentido X, Y; L_x , L_y , son las dimensiones en planta en sentido X, Y de la estructura. Por otra parte, en base a la nomenclatura indicada en la figura 1.14, se debe determinar:

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

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 12

Vista en planta de estructuras



Nota: Vista en planta de estructuras; a) Voladizo en la construcción; b) Salientes de la construcción.

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.
- $\beta_1 > 0.1$
- $\beta_2 > 0.20$
- $\beta_3 > 0.20$

Configuración en Elevación

Para este parámetro se califica también un parámetro llamadas estructuras con pointer, pero ya que este no ha sido encontrado en ningún edificio en bahía de Caráquez no se lo ha tomado en cuenta, pero si se quisiera conocer más acerca de este parámetro se recomienda leer el capítulo 1 acerca de “Metodología italiana modificada para calcular índice de vulnerabilidad” de Roberto Aguiar, en el que se explica más acerca de esto.

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

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

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

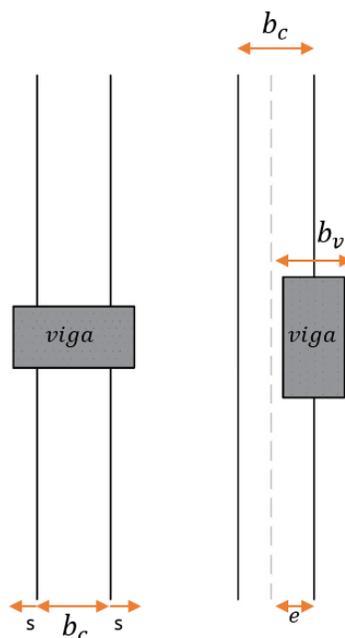
- Estructura que se halla adosada a otra construcción con junta de construcción insuficiente y que hace presumir que existirá golpeteo durante un sismo, pero lo crítico radica en que las losas se encuentran a diferente altura; de tal manera que el golpeteo se va a dar en las columnas.

Conexión de elementos críticos

Cuando no existe un control adecuado, durante la construcción, no es raro encontrar que la viga no está centrada con la columna, de tal manera que al nudo se transmiten momentos que no estaban contemplados en el análisis por un defecto constructivo. Pero también puede darse el caso de tener una viga más ancha que la columna, como se aprecia en la figura 13 (Aguiar, 2018).

Figura 13

Viga que sobresale de la losa y viga mal construida

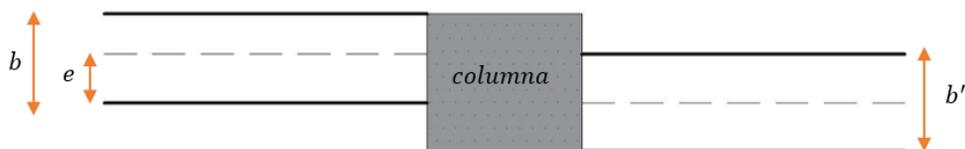


Nota: Tomado de (Roberto Aguiar, 2018)

Otro caso de Vulnerabilidad Sísmica se da cuando se tienen dos vigas que llegan a una columna, cuyos ejes no están alineados como es el caso de las vigas de la figura 14.

Figura 14

Vista en planta de dos vigas que llegan a una columna



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

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

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

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

- $\Gamma_1 = 0$; $\Gamma_2 = 0$; $\Gamma_3 = 0$
- A un nudo interior solo llegan tres vigas
- Se presume que el nudo no fue diseñado.

Clase C

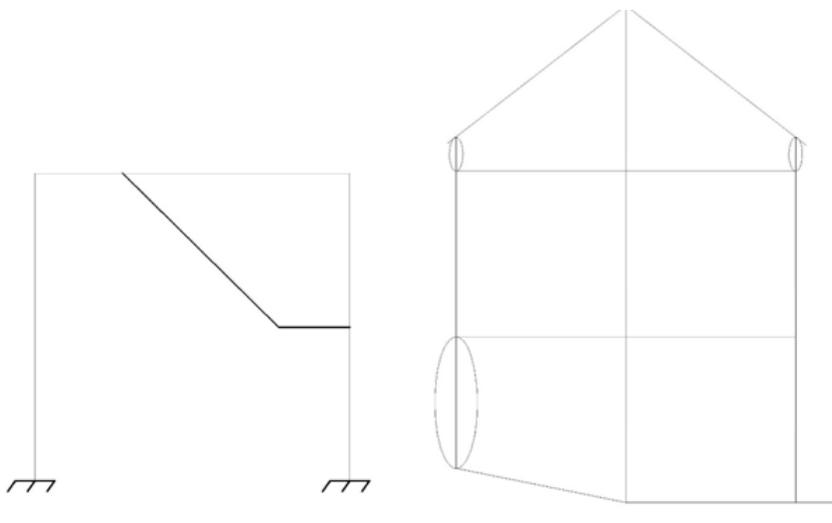
- $\Gamma_1 \geq 0.1$ $\Gamma_2 \geq 0.1$ $\Gamma_3 \geq 0.1$
- A un nudo interior solo llegan dos vigas
- Hay indicios de que los nudos no fueron diseñados.

Elementos de baja ductilidad

Si se tiene Columna corta o Viga corta, la estructura es muy vulnerable. En el apartado 1, se indicó el caso de columna corta en que $h \leq 0.25 H$; siendo h la altura del elemento corto y H la altura del entrepiso.

Figura 15

Estructuras con elementos cortos



Nota: Tomado 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.

Es importante destacar que en la evaluación del Índice de Vulnerabilidad se debe ser riguroso, en el sentido de que, si un edificio por ejemplo no tiene problemas de Columna Corta, pero en cambio tiene problema de Viga Corta se debe clasificar como Clase C (Aguiar, 2018).

Elementos no estructurales

La ilustración 16, corresponde a la Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. se observa una pared-pilar de gran altura construida con piedra que está al lado de una pared. Se tiene una gran masa de piedra que trabaja a gravedad, pero incapaz de soportar movimientos laterales. Por lo tanto, terminará en el suelo en un sismo intenso (Aguiar, 2018).

Figura 16

Pared con pila de piedra



Nota: Tomado de (Roberto Aguilar, 2018)

A continuación, se da una idea de cómo evaluar este parámetro.

Clase A

Estructura no presenta elementos no estructurales que pueden caerse, como algunos ejemplos que se presentan a continuación:

- 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 como los indicados en la ilustración 16 que pueden desprenderse durante un sismo severo y ocasionar heridas o muerte a la gente.

Basta que tenga uno de los elementos indicados en la Clase A, pero que se sospecha de que al caerse pueden causar daño a la estructura o causar heridos.

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 puede pasar a hundimientos del suelo o quien sabe a formar una gran cavidad en el suelo con el correspondiente colapso de la estructura (Aguilar, 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

Se observa que no cumple con todo lo indicado para la clase A, pero se estima que el descuido en el mantenimiento es menor.

Clase C

Estructura muy descuidada, sin mantenimiento.

Estructura ha sido reforzada luego de un sismo

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).

Las estructuras que sufrieron daño en el Sismo de México de 2017 y que no lo tuvieron en el Sismo de México de 1985. Es decir, ante un sismo de mayor magnitud se comportaron bien en 1985 y después con un sismo de menor magnitud una buena parte de ellas tuvo un daño considerable o colapso (Rodríguez, 2019) .

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. Por ejemplo, en el terremoto de 2016 de Pedernales, quedó de manifiesto que las paredes de bloque explotan durante un sismo en la reconstrucción en buena parte de los edificios se utilizó Gypsum en las paredes, que tiene un mejor comportamiento sísmico (Aguiar, 2018).

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 1. 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**

De acuerdo a (Roberto Aguiar, 2018), se tiene que si el Índice de Vulnerabilidad $30 < I_v < 80$, no se puede decir si la estructura es segura o vulnerable, se deben realizar otros estudios. Entre ellos se tiene el encontrar la relación entre la altura total del edificio H con el período de vibración de la estructura T Otra opción dentro de los métodos rápidos es encontrar 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

Las observaciones de eventos históricos de tsunamis han demostrado que la supervivencia de los edificios varía con el tipo de construcción y la profundidad de la inundación. Aunque ciertos tipos de construcciones se destruyen en gran parte, hay mucha evidencia de que los sistemas estructurales diseñados apropiadamente pueden sobrevivir a la inundación del tsunami, incluso cuando no están diseñados explícitamente para resistir los efectos de la carga del tsunami. Esto permite considerar los edificios existentes como estructuras de refugio de evacuación vertical cuando la evacuación a un terreno elevado, o a estructuras de refugios nuevos, no es posible ni practico para la población afectada (FEMA, 2019), siendo este el caso de la ciudad de Bahía de Caráquez en la que el lugar de refugio presenta aún más riesgos para las personas que acudan al mirador de la Cruz como ya se ha indicado anteriormente.

Algunos parámetros presentes en la metodología italiana están presentes en la Normativa FEMA para edificaciones tsunami Resistentes, pero existen otros de mucha importancia que no han sido considerados. Los valores por clase y ponderación guardan relación con la metodología anterior, pero son propuestos por los autores, a continuación, se presentan otros parámetros importantes con los cuales se debe evaluar los edificios.

Atributos de las estructuras resistentes a los tsunamis

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, como es el caso de Ecuador.

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 (Carden, et al., 2017). 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 incidir 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.

Tabla 2:*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: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Orientación del Edificio de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

Acceso

Cantidad y características de los accesos que permitan una evacuación fluida de las personas. 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

Tabla 3:*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: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Accesos - Entradas de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

Tabla 4:*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	1.2
	Clase B: Escalera interior con continuidad vertical con dimensiones suficientes (3 y 4 personas a la vez) para la evacuación vertical	6	
	Clase C: Escalera interior sin continuidad vertical con las dimensiones insuficientes (2 o menos personas a la vez) para la evacuación vertical	12	

Nota: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Accesos - Escaleras de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

Ubicación del Edificio

La evacuación vertical requiere una distribución de estructuras en toda la comunidad, y 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.

Tabla 5:

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	0.5
	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	
	Clase C: Estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de	12	

Parámetro	Clase	Valor (A)	Ponderación (B)
	contenedores y puertos a una distancia menor a 50 metros de la estructura a evaluar		

Nota: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Ubicación del Edificio – Puntos Peligrosos de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

Tabla 6:

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	0.5
	Clase B: Calles y avenidas con baja circulación vehicular con espacios destinados para parqueaderos	6	

Parámetro	Clase	Valor (A)	Ponderación (B)
	Clase C: Calles y avenidas con alta circulación vehicular con espacios destinado a parqueaderos	12	

Nota: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Ubicación del Edificio – Calles y Avenidas de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

Sistema Estructural

Este parámetro se asemeja mucho al primer parámetro de la metodología italiana modificada en la que se debe observar si la estructura es rígida o no dependiendo del sistema estructural con el que haya sido construido, la norma de calificación se presenta a continuación.

Tabla 7:

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	0	1

Parámetro	Clase	Valor (A)	Ponderación (B)
	armado, diseñados para requisitos sísmicos más altos		
	Clase B: Estructuras de hormigón prefabricado que hayan sido diseñadas para simular una construcción integral	6	
	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: (FEMA, 2019).

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)

El sistema de cimentación debe ser visto en planos o consultado a los diseñadores, constructores o ingenieros a cargo de la edificación.

Tabla 8:*Sistemas de Cimentación*

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

Nota: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Sistemas de Cimentación de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

Año de Construcción

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. Por ejemplo, después del terremoto de San Fernando de 1971 se produjeron importantes mejoras a los requisitos de diseño sísmico de EE. UU. Para estructuras de hormigón armado, y los edificios de hormigón construidos después de la edición de 1973 del código de construcción tendrán una mayor solidez que las construcciones de hormigón más antiguas. La construcción de marcos resistentes ocurrió después del terremoto de Northridge de 1994, y las estructuras tipo marcos de acero construidas después de 1995 tienen una mayor robustez en comparación con la construcción de marcos de acero más antigua. La ASCE / SEI 41-13 identifica modelos clásicos de

construcción para diferentes sistemas estructurales que se consideran adecuados para la resistencia sísmica, denominados edificios de referencia. Los edificios de referencia sísmica son un buen punto de partida para la selección como estructuras de refugio de evacuación vertical (FEMA, 2019).

Tabla 9:

Año de Construcción

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

Nota: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Año de Construcción de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

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).

Se presenta a continuación la norma para calificar este parámetro y su respectiva ponderación, impuesta según el margen de importancia que este parámetro tenga:

Tabla 10:

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 (para Bahía considerar altura máxima de inundación 6 metros)	0	1,5
	Clase B: Edificio con una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación	11	
	Clase C: Edificios con una elevación superior a la altura máxima de inundación, pero inferior al 30% adicional	22	

Nota: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Altura del edificio de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

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 11:

Sistema de suelo

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

Parámetro	Clase	Valor (A)	Ponderación (B)
	Clase C: Sistemas de planta baja y piso elevado	12	

Nota: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor del parámetro de Sistemas de suelo de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

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

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

En la que dependiendo del puntaje será introducida en la misma evaluación de la metodología italiana modificada la cual se vuelve a presentar a continuación:

- **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**

Recordando que si el Índice de Vulnerabilidad $30 < I_v < 80$, no se puede decir si la estructura es segura o vulnerable, se deben realizar otros estudios o una mejora del sistema estructural como se presentara en el capítulo 4.

Capítulo III

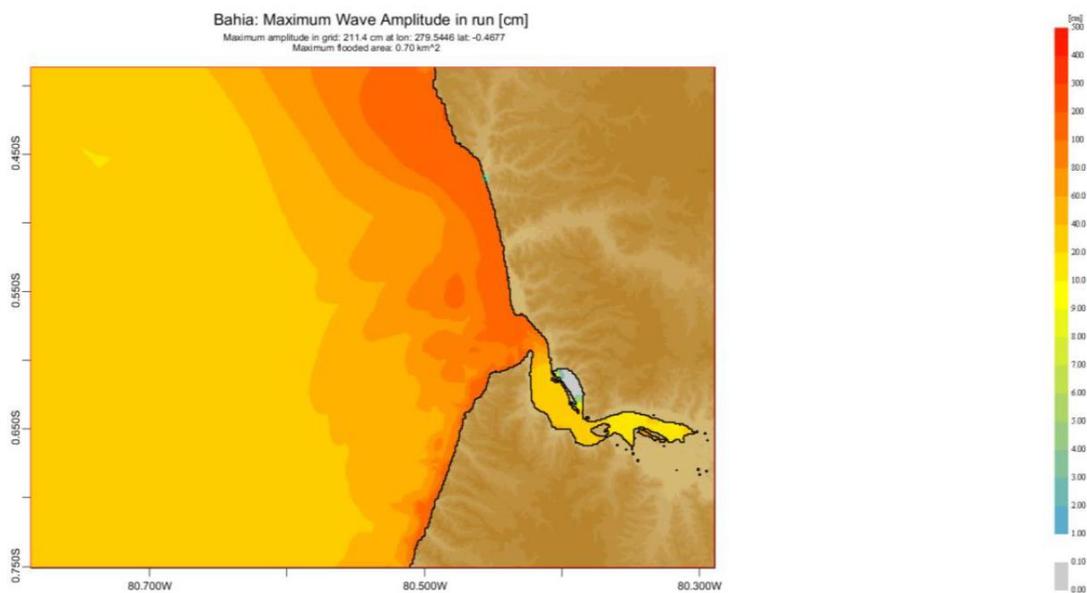
Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante sismos y tsunamis de edificaciones existentes en Bahía de Caráquez

Altura de las olas del tsunami

Basados en la Interfaz de Modelo Comunitario para Tsunamis utilizada, nuestros resultados sugieren una altura de ola en tsunami de 2 a 3 metros a lo largo de la costa, que se ha calculado sin la influencia de la marea, tomando como referencia el nivel medio del mar. Según la tabla de mareas del INOCAR, tenemos un rango de mareas de 3 metros, lo que significa que necesitamos más 1,5 metros debido a la marea alta, entonces fácilmente la amplitud de onda en la línea costera debería alcanzar los 4,5 metros (Ilustración 17). Teniendo en cuenta la restricción batimétrica, como ha sido demostrado por Griffin et al., 2015, los resultados de los modelos a lo largo de la línea de costa muestran la máxima amplitud de onda.

Figura 17

Amplitud máxima de onda



Nota: Amplitud máxima de onda, MWA, a lo largo de la línea costera que cubre el área de Bahía de Caráquez. Tener en cuenta que la Amplitud máxima de onda está en el rango de 2-3 metros.

Figura 18

Mapa con los tiempos de evacuación

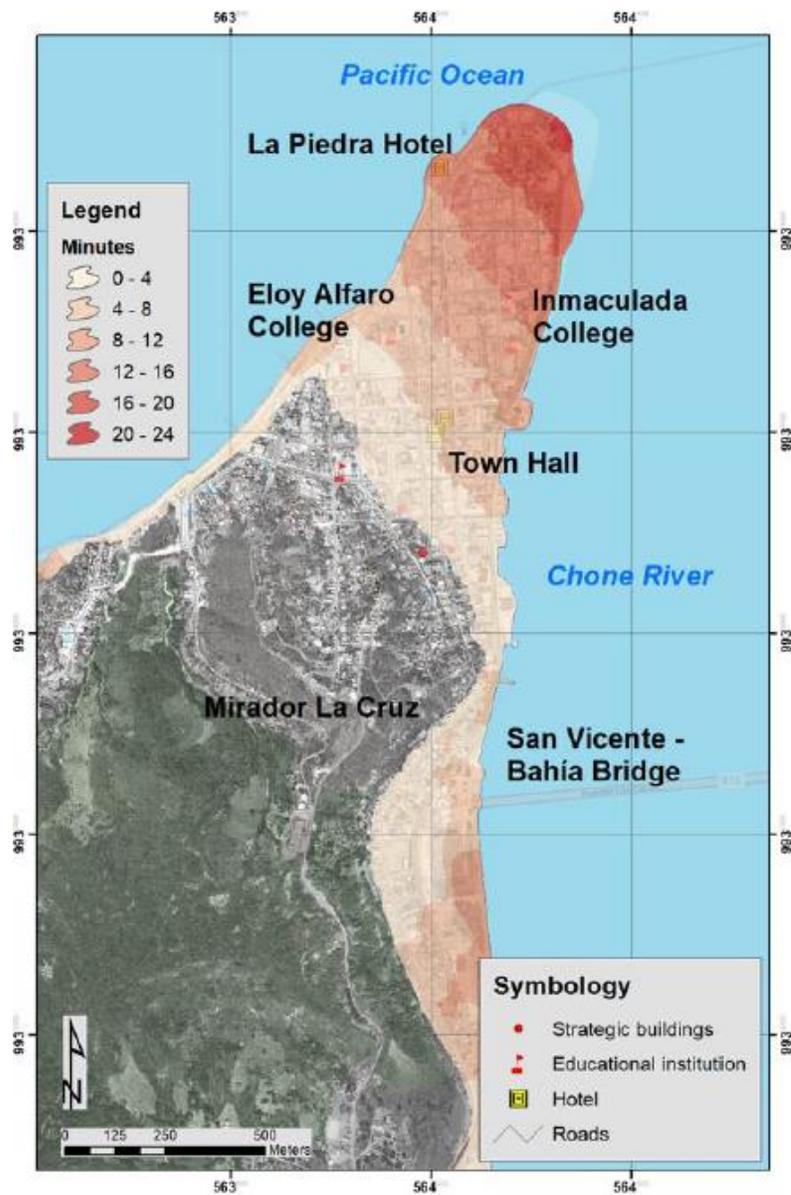
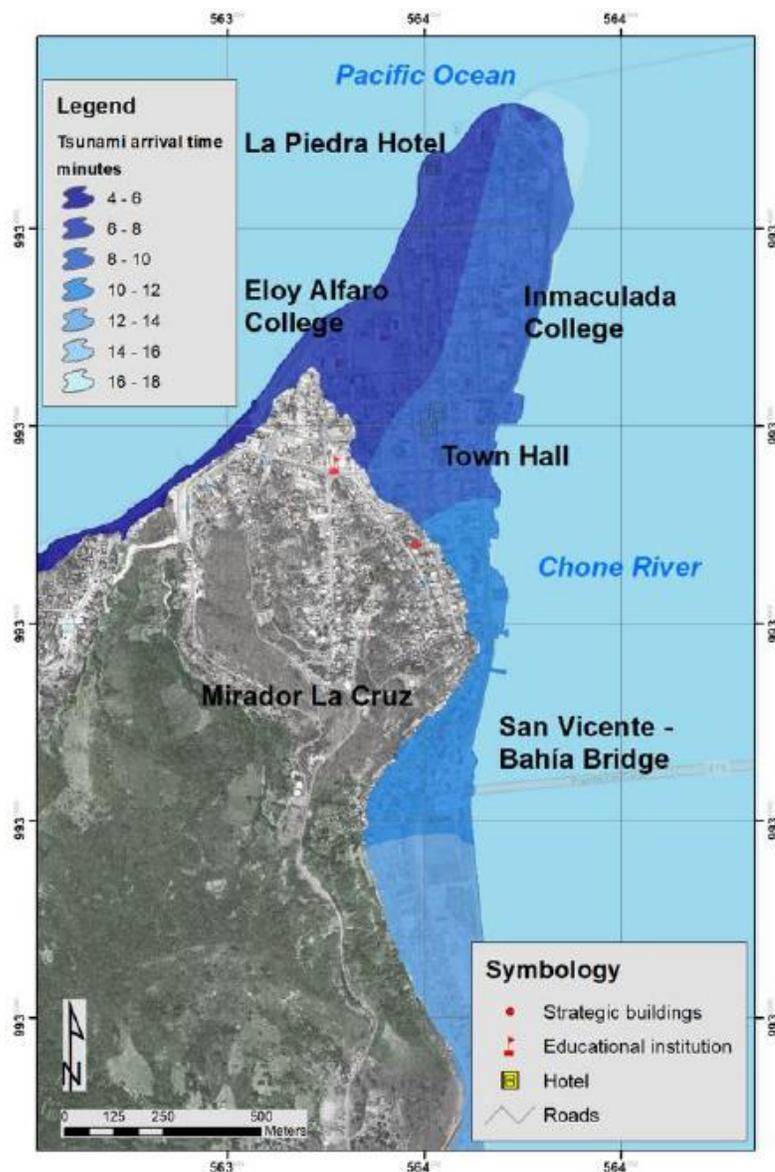


Figura 19

Mapa con las horas de llegada de tsunami

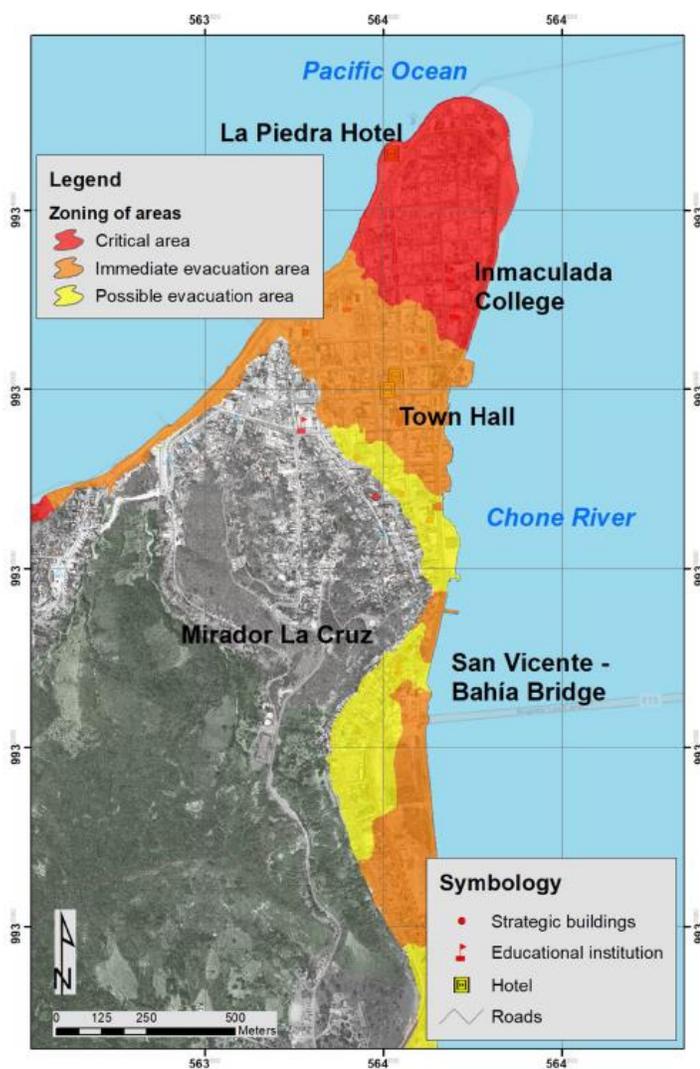


En la ciudad de Bahía de Caráquez, las zonas más alejadas de las playas del Océano Pacífico y del estuario del río Chone que corresponden a las estribaciones y las colinas mismas, se consideran relativamente seguras. Por lo tanto, los habitantes de los barrios centrales o ubicados al pie de los cerros, necesitan tiempos de evacuación más

cortos (entre 0 a 8 minutos) para llegar a estos sitios seguros como son el mirador de la Cruz. La población ubicada en las inmediaciones del malecón, tanto en el sector de la playa como en la ribera del río que se encuentran alejados de la zona de seguridad indicada, están aproximadamente a 1 kilómetro de distancia, por lo que necesita mayores tiempos de evacuación. Este tiempo de evacuación es de entre 16 y 24 minutos.

Figura 20

Zonificación de áreas



Nota: Zonificación de áreas con respecto a los tiempos de evacuación del público y los tiempos de llegada.

Los tiempos calculados para la llegada de la primera ola son del orden de 4 a 12 minutos (Ilustración 19). Por esta razón, el sector contiguo al Océano Pacífico constituye un área crítica, altamente vulnerable, como se muestra en la ilustración 17. El lado de la ciudad que mira al río Chone también será impactado por la ola del tsunami, pero un poco más tarde que la orilla del mar. La parte sur de la ciudad hacia el puente San Vicente - Bahía se verá afectada al último por parte del tsunami entrante.

Tomando en consideración los resultados de la figura 18 del tiempo de la evacuación horizontal junto con los resultados de la figura 19 de los tiempos de llegada del tsunami, se elaboró una zonificación de los diferentes grados de vulnerabilidad en forma de áreas distintivas, siendo áreas críticas, áreas de evacuación inmediata y áreas de posible evacuación (figura 20). Por tanto, la única alternativa de supervivencia para la población ubicada en áreas críticas es la evacuación vertical en edificaciones consideradas sismorresistentes y también resistentes a tsunamis, es decir, en aquellas en las que se tiene la certeza de que no sufrirán daños estructurales por efecto de un sismo o por el efecto hidráulico de las olas, o a su vez contar con vehículos para transporte masivo de personas, que puedan evacuar hacia las partes altas o hacia el interior, es decir, al sur de la ciudad.

Además, por sus características, el puente “Dos Caras”, que conecta San Vicente con la ciudad de Bahía de Caráquez, puede también ser considerado un área o sitio seguro para el tsunami entrante. Este puente, como se mencionó anteriormente, cuenta con aisladores sísmicos y ha resistido sin ningún daño el más reciente terremoto de 7.8Mw de 2016, mientras que una variedad de edificios colapsaron en ambos extremos del puente (Aroca et al., 2018; Toulkeridis, Parra, et al., 2017)

Evaluación de edificios

En el presente capítulo se detallan las evaluaciones realizadas a los 26 edificios tipo rascacielos que se preseleccionaron en Bahía de Caráquez, elegidos principalmente por la ser los de mayor altura. La descripción de los edificios está basada en los parámetros de la metodología italiana al igual que de los parámetros seleccionados de la FEMA.

Figura 21

Mapa de ubicación



Nota: Mapa de ubicación de edificios evaluados en esta investigación.

Edificio AKUABA

Edificio ubicado entre las calles Gostalle y Marañón, con una altura total de 25.20 m y una altura de entepiso de 2.80 m, con 9 pisos todos sobre el nivel del terreno con un área de edificación de aproximadamente 180 m² y su uso es residencial. Construido en el 2014 y reconstruido luego del terremoto de abril de 2016.

Figura 22

Edificio AKUABA



Tabla 12:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Akuaba

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente	0			0

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

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

Tabla 13:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Akuaba

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural	0			0
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos			12	6
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado		6		6
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0
			Sumatoria		43,8

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

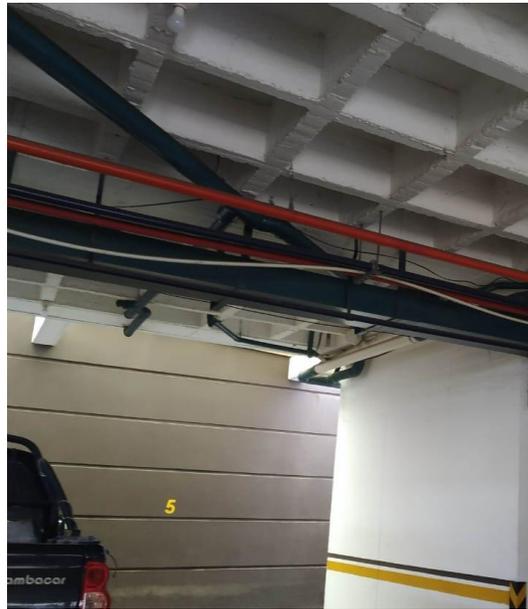
Después de una inspección visual se pudo constatar que el edificio cuenta con columnas gruesas y vigas descolgadas en hormigón armado haciendo notar una buena organización del sistema resistente. La resistencia del hormigón utilizado para su construcción es mayor a los 24 MPa, con varillas corrugas, y la construcción denota un buen terminado. Paredes muy bien confinadas además de la utilización de paredes de gypsum que disminuyen el peso de la edificación.

Al contar con varias columnas gruesas distribuidas simétricamente, la capacidad a cortante es alta resultando en un buen comportamiento frente a las fuerzas cortantes que se presentan en un evento sísmico El perfil de suelo presente esta entre un perfil C y D en un terreno llano, en caso de sismos puede presentarse efectos de sitio amplificando las ondas que puede causar daño a la estructura analizada

La losa es una losa alivianada bidireccional apoyada sobre vigas descolgadas, la forma tiende a ser cuadrada sin grandes aberturas y el edificio se encuentra separado de estructuras vecinas que puedan comprometer su comportamiento

Figura 23

Losa Alivianada Bidireccional Ed. AKUABA



La configuración en planta es regular en todos sus pisos, con pequeños volados y a pesar de ser un edificio esquinero la no presencia de edificios contiguos hace que el edificio no presente problemas de edificio abierto.

Se puede notar que la configuración es regular con altura de entrepisos similares sin entrantes ni salientes, con elementos con secciones mayores en sus pisos inferiores que aseguran la rigidez. Vigas y columnas centradas donde se nota que a una columna interior llegan 4 vigas y se presume que los nudos están bien diseñados debido a que fue reconstruido luego del sismo cuando se demostró que las uniones vigas columnas son de gran importancia.

No presenta problemas de columna o viga corta. Al ser reconstruido luego del terremoto de 2016 y bajo las experiencias que éste dejó se presupone que siguió la normativa vigente para estructuras en zonas sísmicas.

La presencia de elementos no estructurales en la cubierta además al ser una edificación residencial, la presencia de aires acondicionados, equipos contra incendios y repisas que puedan voltearse hace que el índice de vulnerabilidad incremente.

Al ser un edificio que fue reconstruido el estado de conservación es bueno, con pintura reciente sin manchas en paredes y cielo raso, los vidrios se encuentran todos en buen estado y en general una buena estética, además es una estructura nueva mejor preparada para resistir las fuerzas sísmicas.

El edificio AKUABA se encuentra frente al estero del río Chone haciendo que el impacto del tsunami sea paralelo a su dirección larga disminuyendo las fuerzas hidrodinámicas. El acceso al edificio se ve restringido tanto por el parqueadero como por la entrada principal debido a que son edificios residenciales que permiten la entrada únicamente a los propietarios de los departamentos. Por las escaleras pueden transitar un máximo de dos personas y no cuenta con escaleras de emergencia exteriores que permitan una evacuación vertical óptima.

El edificio se encuentra alejado de cualquier punto peligroso como puertos o estaciones de servicio que puedan comprometer su integridad, las calles aledañas tienen un tráfico alto debido a la presencia de un malecón turístico y de la playa haciendo que los vehículos que transitan lo hagan a baja velocidad y que ante la presencia de un tsunami estos resulten en escombros u obstáculos peligrosos tanto para las personas como para los edificios.

La altura del edificio es primordial para una evacuación vertical y esta debe ser superior a la altura de la ola de 6.00 m sumado un porcentaje como factor de seguridad y en el Edificio AKUABA es la suficiente debido a su altura de 23.00 m, para una evacuación vertical.

Edificio Nautilus

Esta edificación fue construida en el año de 1993, se encuentra ubicada en la Av. Vigilio Ratti y Calle Cincinato Estrada, ocupando un área de 215.30 m² con una altura total de 29.69 m superior a la altura máxima de inundación, y una altura de entrepiso de 2.88 m. El edificio está conformado por 9 pisos todos sobre el nivel del suelo distribuidos de la siguiente manera: planta baja para estacionamientos, primer piso salón comunal y área de piscina, los pisos superiores destinados a departamentos y el último piso un pent-house.

Figura 24

Edificio Nautilus



Tabla 14:*Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Nautilus*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			4	2
5	Losas			6	6
6	Configuración en Planta		6		6
7	Configuración en Elevación	0			0
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad		6		6
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación		10		10
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
			Sumatoria		42

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

Tabla 15:*Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Nautilus*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural	0			0
2	Material de paredes		6		7,2
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0
			Sumatoria		39,6

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

Figura 25*Piscina en Primer Piso*

Es un edificio de hormigón armado asentado sobre un suelo arenoso entre Tipo C y D sin inclinaciones el cual fue mejorado con lastre, la estructura se encuentra sobre vigas de cimentación, el resto de elementos estructurales están conformado por losas bidireccionales alivianadas con bloque hueco y vigas embebidas con un espesor de 40 cm, con columnas cuadradas hasta el nivel N+3.77 m es decir hasta el primer piso para cambiar de sección y continuar como columnas circulares hasta el pent-house, además cuenta con muros de corte en el área del ascensor, todos los elementos estructurales tienen una resistencia a la compresión del hormigón de 280 kg/cm². Su mampostería es de bloque hueco vibro prensado y tiene con recubrimiento mortero arena-cemento.

Figura 26

Losa Plana Bidireccional

**Figura 27**

Columnas Circulares



Figura 28

Muros de Corte en Pent-house

**Figura 29**

Mampostería de Bloque Hueco



A la fecha de evaluación de la estructura esta se encontraba en la etapa de reforzamiento de los elementos estructurales. En esta etapa se estaban reforzando las columnas circulares y una columna rectangular con encamisados de acero y placas ancladas al contrapiso y losa, para los muros de corte se aumentó la sección de hormigón y así aumentar la rigidez de la estructura, además se crearon muros de corte en el contorno de las escaleras debido a que la mampostería alrededor de éstas sufrió mucho daño en el terremoto del 16 de abril de 2016.

Figura 30

Encamisado y Placas de Acero en Columna Circular



Figura 31

Reforzamiento de Columna Rectangular con Encamisado de Acero

**Figura 32**

Reforzamiento de Muros Estructurales



Durante la evaluación no se observó la presencia de columna corta o viga corta en ninguna de las plantas, se tiene la sospecha de que es un edificio abierto debido a las irregularidades en planta que tiene y no muestra muchas irregularidades en elevación además que se encuentra separada de edificaciones vecinas. Cuenta con escaleras continuas desde la planta baja hasta el último piso con un ancho máximo para dos personas al igual que las entradas principales.

Figura 33

Escaleras Interiores



Figura 34*Escaleras y Muro Estructural*

Debido a la orientación de la edificación el lado más corto se encuentra direccionado hacia el estuario del río Chone, por lo cual este lado será el que reciba directamente el impacto del tsunami. No cuenta con escaleras de emergencia exteriores que permitan una evacuación vertical óptima.

La edificación se encuentra alejada de puntos peligrosos que puedan comprometer a la estructura, las calles presentan una circulación alta de vehículos debido a que la vía principal es de doble sentido compuesta por dos carriles cada una y por estar frente a la playa de la desembocadura del río Chone donde las personas estacionan sus vehículos, debido a esto ante la presencia de un tsunami, estos podrían convertirse en objetos peligrosos tanto para las personas como para los edificios debido al arrastre de las olas.

Edificio Torre Molinos

Edificio ubicado entre la Av. 3 de noviembre y calle Padre Laennen cuenta con 10 pisos todos sobre el nivel del terreno con un área de edificación de aproximadamente 530 m² y su uso es residencial. Construido en el 2015.

Figura 35

Edificio Torre Molinos



Tabla 16:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Torre Molinos

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente	3			3
2	Calidad del Sistema Resistente	0			0
3	Resistencia Convencional	0			0

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas	0			0
6	Configuración en Planta		8		8
7	Configuración en Elevación		15		15
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad		7		7
10	Elementos no Estructurales		5		1,25
11	Estado de Conservación	2			2
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
				Sumatoria	38,25

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

Tabla 17:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Torre Molinos

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural	2			2,4
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos			12	6

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
6	Año de construcción	3			3
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado		6		6
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	3			3
			Sumatoria		52,2

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

El edificio Torre Molinos respecto a la evaluación de vulnerabilidad sísmica se califica considerando en primer lugar la organización del sistema resistente con una valoración de 3 ya que esta estructura cuenta con Muros de Corte, columnas gruesas y vigas descolgadas, se la ve bien estructurada y rígida, pero se le disminuye un poco el puntaje debido a las ventanas grandes que la vuelven un poco vulnerable.

Figura 36

Muro de corte del ascensor

**Figura 37**

Columnas y vigas descolgadas



Figura 38*Ventanas grandes*

También se considera la calidad del sistema resistente con una valoración de 0 ya que la estructura tiene buen hormigón, la resistencia es de 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 se ve que no existe la posibilidad de tener hierros con oxido. Por otra parte, se ve que la mampostería utilizada es de buena calidad y que se encuentra bien confinada. Las juntas de construcción tienen buenos acabados y están debidamente selladas, respecto a la resistencia convencional tiene una valoración de 0 ya que como este edificio empezó su construcción en 2015 y su cálculo estructural fue un poco antes, se deduce que está calculado siguiendo estrictamente lo estipulado en la NEC-15 en donde la capacidad que tiene la estructura para resistir las fuerzas sísmicas y la demanda hallada por medio del cortante basal en donde se tiene un valor aceptable para α .

En lo que respecta a la posición del edificio y cimentación con una valoración de 4 ya que en Bahía un aspecto importante es el suelo susceptible a (amplificación de las ondas sísmicas). La metodología italiana le da un valor bajo al rubro de cimentación, se considera las losas con una valoración de 0 ya que se trata de una losa Steel deck con

espesor de 10 cm esta se encuentra sobre vigas descolgadas y además tiene vigas metálicas secundarias para unir la lámina metálica con los pernos de anclaje, a forma de la losa tiende a un cuadrado, con relación lado largo a lado corto menor a 1.5 y las aberturas de la losa son menores al 30% del área de la planta.

Figura 39

Losa Steel deck



Se determina la configuración en planta con una valoración de 8 ya que se observa que es un edificio abierto y la configuración en elevación con una valoración de 15 debido a que es una estructura con pointer, que no cumple con la condición indicada para Clase C, se considera la conexión de elementos críticos con una valoración de 0 se observa que a un nudo interior llegan cuatro vigas y viendo el nudo se presume que fue bien diseñado.

Figura 40

Sospecha de edificio Abierto

**Figura 41**

Nudo Interior



En lo que respecta a elementos de baja ductilidad se tiene una valoración de 7 ya que se tiene un caso de viga corta pero no es tan crítico, pero no se tiene el caso de columna corta y con el resto se construyó siguiendo lo prescrito por el código ACI 318 para zonas sísmicas, se considera los elementos no estructurales con una valoración de 5 ya que presenta alguno que otro elemento de los indicados en Clase A, equipo contra incendios que han sido colocados dentro de una pared, en otros elementos su caída se

estima que no va a afectar mayormente a la estructura; se piensa que no va a causar heridas a ninguna persona peor la muerte.

Respecto al estado de conservación tiene una valoración de 2 ya que es una construcción que está muy bien pintada, pero presenta ciertas fallas en algunos lugares, 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, al considerar si la estructura ha sido reforzada luego de un sismo se tiene una valoración de 0 ya que es una estructura que fue afectada por un terremoto, pero fue evaluada y no sufrió daño ya que estaba en etapa de construcción y no se observa ninguna fisura en las paredes y ni en la estructura.

Figura 42

Columnas Juntas (viga corta)



El edificio Torre Molinos respecto a la evaluación de vulnerabilidad ante tsunami se calificó considerando en primer lugar la orientación del edificio con una valoración de 2 ya que es un edificio rectangular con la dirección larga tendiendo a ser orientada

paralela al flujo de ola que vendría del Pacífico, en lo que respecta a los accesos entrada se clasificó con una valoración de 12 (la más baja) ya que no dispone de acceso y puesta en funcionamiento inmediato (acceso libre) para toda la población debido a que es una propiedad privada y para los accesos escaleras con una valoración de 12 ya que tiene escaleras interiores con dimensiones insuficientes (2 o menos personas a la vez) para la evacuación vertical.

Figura 43

Dimensión de escaleras



Se considera la ubicación del edificio puntos de peligro con una valoración de 0 ya que no se encontraban estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos a una distancia mayor a 200 metros y para la ubicación del edificio calles y avenidas con una valoración de 12 debido a que las calles y avenidas cercanas al edificio son relativamente estrechas y de alta circulación vehicular. Respecto al sistema estructural tiene una valoración de 3 ya que los marcos resistentes a momentos son de hormigón armado y también se tiene vigas metálicas y los sistemas de muros de corte de hormigón armado y para el sistema de cimentación

una valoración de 6 debido a que según la información proporcionada el edificio está construido con losa de cimentación.

Consideramos el año de construcción con una valoración de 6 ya que a pesar de ser un edificio no tan viejo, soportó el sismo de 2016 y para la altura del edificio una valoración de 0 ya que el edificio tiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso, por último, en lo que respecta a los sistemas de suelo se asignó una valoración de 3 ya que posee una losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos y columnas de nivel.

Edificio Albatros

El edificio albatros está ubicado en la Av. 3 de noviembre y Sergio Plaza, cuenta con 9 pisos mismos que están sobre el nivel del suelo, no teniendo pisos subterráneos, bajo en nivel del terreno. La altura de entrepiso es de 3 metros siendo el edificio de un alrededor de 30 metros de altura. El área de edificación de esta misma es de 400 metros cuadrados, su construcción empezó en el año del 2019 y continúan construyéndolo, con el propósito de que este edificio tenga un uso para departamentos familiares.

Figura 44*Edificio Albatros***Tabla 18:***Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Albatros*

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			4	2
5 Losas	0			0
6 Configuración en Planta		8		8

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
7 Configuración en Elevación	9			9
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	0			0
		Sumatoria		28,25

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

Tabla 19:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Albatros

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
1 Sistema estructural	3			3,6
2 Material de paredes		9		10,8
3 Tipo de cubierta		9		10,8
4 Tipo de entrepiso	0			0
5 Número de pisos			12	6
6 Año de construcción	0			0
7 Estado de Conservación		6		3
8 Característica suelo bajo edificado	0			0

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
9 Topografía del sitio	0			0
10 Forma de la construcción	0			0
			Sumatoria	34,2

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

El edificio cuenta con columnas de gran dimensión, vigas descolgadas de gran peralte, y muros de corte lo que la convierte en una edificación rígida, al estar en construcción se pudo tener la ventaja de ver como se encontraban los elementos estructurales en su estado natural, no encontrándose zonas de hormigueros antes bien este edificio fue diseñado con un hormigón resistente a la compresión de 34 Mpa, lo que le da una gran resistencia, aportando que a simple vista los elementos columnas al igual que los muros de corte eran de grandes dimensiones siendo estos capaces de resistir las grandes demandas.

Figura 45*Vigas descolgadas y Muros de corte*

El edificio se encuentra ubicado en el malecón de Bahía de Caráquez, y como se ha mencionado debido a la amplificación de onda sísmica que produce este tipo de suelo sobre el cual está Bahía, en cuanto a la calificación del checklist elaborado en este parámetro todos los edificios tienen la peor calificación, calificación C.

En cuanto a las losas de este edificio se tiene que son losas alivianadas con una altura significativa, son losetas de compresión de alrededor de 50 de peralte y una altura de compresión alrededor de 15 centímetros que, aunque no son losas macizas tendrán un buen comportamiento al momento de un sismo.

Figura 46*Losas de edificio Albatros*



En cuanto a la configuración en planta y elevación no se presenciaron casos ni de edificio abierto ni de piso blando, y algo que se resalta es que la mayoría de edificios cuenta con protuberancias para balcones que en el caso de cada edificio se debe valorar si esta extensión del balcón es o no representativa en comparación con las dimensiones globales de la planta. Por lo acabado de mencionar este edificio cuenta con balcones que se tomaron en cuenta al momento de calificar este parámetro En cuanto a la altura de entrepiso todos los pisos tenían la misma altura. Como se presenta en la ilustración 115 el edificio no se encuentra pegado o adosado a edificaciones continuas por lo que se descarta un caso de golpeteo de parte de otro edificio contra el Albatros

Figura 47

Elevación del edificio Albatros



Al analizar la conexión de los elementos entre vigas y columnas se presume que estos nudos fueron diseñados, y no se encontró nudos interiores a los que llegasen menos de 4 elementos, a excepción de un nudo al que llegaban 3 elementos vigas, tampoco se encontró elementos que no estén centrados con el eje de las vigas. Se tuvo además casos en los que llegaban más de 4 elementos, pero estos llegaban a un muro estructural de corte debido a esto no se le dio una calificación de A en este parámetro para este edificio.

Figura 48*Diseño de nudos*

Ya que el edificio aún no se encontraba terminado no se podía calificar el parámetro de elementos no estructurales ya que en caso de que se los vaya a colocar aún no habían sido puestos, por lo que conservadoramente se le dio una calificación de B, recomendando que se haga una evaluación adicional luego de que este edificio haya sido terminado, el estado de conservación del mismo es prácticamente nuevo ya que es un edificio en construcción.

Al adentrarnos en la cuestión de resistencia de este edificio frente a un tsunami o su capacidad de ser un potencial refugio vertical se puede observar que la orientación de este edificio en su dirección larga es mayormente paralela al flujo, además de que no se encuentra en la primera línea de impacto ya que este edificio se encuentra en frente de del estero mas no del océano.

Los accesos a entradas o escaleras han sido el talón de Aquiles para la mayoría de los edificios, no siendo este la excepción, ya que estos contaban con el espacio

solamente para dos personas a la vez como se presenta en las siguientes imágenes. Se menciona que la mayoría de edificios tiene acceso vehicular el cual puede servir para que la gente ingrese, pero se encontraran con un cuello de botella al llegar a las escaleras.

Figura 49

Acceso a escaleras



Figura 50

Entrada peatonal del edificio Albatros



Este edificio no se encontraba cercano a ningún sitio peligroso, ni tampoco había edificios con riesgo de desplome que puedan impactar al albatros, pero si se encuentra afectado por el alto tránsito peatonal y vehicular que acarrea el malecón, siendo esto algo negativo ya que en caso de tsunamis los autos impactarían contra los edificios y al ser un lugar de alta densidad peatonal y vehicular se generaría un caos en esta zona que dificultaría una evacuación ordenada.

Figura 51

Vista al estero desde la terraza de edificio Albatros



El edificio cuenta con una altura de alrededor de 30 metros y al compararlo con la altura máxima de inundación de 6 metros se la puede categorizar como una altura adecuada y suficiente para poder refugiar a las personas ya que tiene una altura mayor al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso. Además, el sistema de suelo que presenta este edificio no aporta en que este tenga efectos de flotabilidad y elevación ya que este se encuentra construido a nivel de piso y sin subsuelos que encierren el agua.

Edificio Spondylus

El edificio residencial Spondylus actualmente se encuentra en proceso de reconstrucción, pero su construcción data del año de 1990. Está ubicado en las calles Malecón Alberto Santos y calle Rodríguez 131401 de Bahía de Caráquez, posee un número total de 10 pisos, de los cuales todos los pisos se encuentran sobre el nivel del terreno, la altura de entrepiso es de 2.40 m, el área de la edificación a pesar de su reconstrucción se mantiene en 484 m².

Figura 52

Edificio Spondylus



Tabla 20:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Spondylus

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente	0			0
2	Calidad del Sistema Resistente	3			1,5
3	Resistencia Convencional		11		11
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas	0			0
6	Configuración en Planta		6		6
7	Configuración en Elevación	6			6
8	Conexión de elementos Críticos		3		2,25
9	Elementos de baja ductilidad	3			3
10	Elementos no Estructurales		7		1,75
11	Estado de Conservación		10		10
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
			Sumatoria		43,5

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

Tabla 21:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Spondylus

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
1 Sistema estructural	0			0
2 Material de paredes			12	14,4
3 Tipo de cubierta			12	14,4
4 Tipo de entrepiso		6		3
5 Número de pisos		6		3
6 Año de construcción	0			0
7 Estado de Conservación		6		3
8 Característica suelo bajo edificado			8	8
9 Topografía del sitio	0			0
10 Forma de la construcción	3			3
		Sumatoria		48,8

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

En organización del sistema resistente se escogió una valoración de “0” puesto que la estructura posee muros de corte y está formado por columnas gruesas bien estructuradas y rígidas.

Figura 53

Muros de corte edificio Spondylus



En calidad del sistema resistente se escogió una valoración de “3” por su buena calidad en el hormigón, puesto que su resistencia es de 24 MPa. Se pudo observar que las columnas, vigas y losas no tuvieron ninguna afectación estructural luego del terremoto del año 2016, además en su construcción se utilizó varillas corrugadas de buena calidad que en la actualidad no han desarrollado oxido.

Figura 54

Vigas y losa edificio Spondylus



Nota: Vigas y losa edificio Spondylus sin afectación posterior al sismo

En resistencia convencional se escogió una valoración de “11”, originalmente la estructura se diseñó en base a la capacidad de corte de sus elementos, luego del terremoto del año 2016, se observó que sus elementos estructurales no sufrieron daño, pero sí la mampostería, por lo que en su posterior reconstrucción se realizaron cambios, se cambió el ladrillo por gypsum y se realizó un encamisado de vigas y columnas con perfiles de acero para aumentar su resistencia estructural.

Figura 55*Encamisado de vigas edificio Spondylus*

En posición del edificio y cimentación se escogió una valoración de “4”, la cimentación fue realizada con pilotes y vigas de cimentación sin embargo el tipo de suelo se puede considerar como tipo “C” ó “D”. En losas se escogió una valoración de “0” debido a que todas las losas se encuentran sobre vigas descolgadas, las losas poseen regularidad en planta y no poseen aberturas en su área de cada planta. En configuración en planta se escogió una valoración de “6” debido a la sospecha de que es un edificio abierto y protuberancias menores al 10% en cada planta. En configuración en elevación se escogió una valoración de “6” por no poseer pisos blandos, además se puede apreciar que la rigidez de los pisos inferiores es mayor que la rigidez en pisos superiores. En conexión de elementos críticos se escogió una valoración de “3”, se encontró vigas que no estaban centradas con las columnas entonces se presume que los nudos interiores no fueron bien diseñados. En elementos de baja ductilidad se escogió una valoración de “3”, no se tiene el caso de viga o columna corta por lo que se presume que se construyó siguiendo lo prescrito en el código ACI 318 para zonas sísmicas. En elementos no

estructurales se escogió una valoración de “7”, presenta cielos rasos falsos, repisas con materiales que pueden voltearse y aire acondicionado apoyados en las paredes.

Figura 56

Perfilería para cielo falso edificio Spondylus



En estado de conservación se escogió una valoración de “10”, se observó algunas manchas de humedad en las paredes en las últimas plantas, pero se estima que el descuido en el mantenimiento es menor.

Figura 57

Manchas de humedad últimos plantas edificio Spondylus



En estructura ha sido reforzada luego de un sismo se escogió una valoración de “0”, la estructura fue afectada por el terremoto del año 2016 pero mantiene su capacidad estructural por sus múltiples reparaciones y reforzamientos en los elementos estructurales.

En orientación del edificio se escogió una valoración de “0”, es un edificio de características rectangulares y se encuentra perpendicular a la desembocadura de Río Chone y paralelo al Océano Pacífico. En accesos “entrada” se escogió una valoración de “12”, el edificio mantiene una sola entrada con dimensiones insuficientes con dificultad de acceso.

Figura 58

Entrada edificio Spondylus



Nota: Entrada edificio Spondylus (2 o menos personas a la vez)

En accesos “escaleras” se escogió una valoración de “12”, las escaleras interiores no mantienen continuidad vertical y sus dimensiones son insuficientes (2 o menos personas a la vez).

Figura 59

Escaleras edificio Spondylus



En ubicación del edificio “puntos peligrosos” se escogió una valoración de “6”, el edificio se encuentra a una distancia cercana del puerto. En ubicación del edificio “calles y avenidas” se escogió una valoración de “6”, el edificio se encuentra frente a una calle de posible alta circulación en condiciones normales, con espacios destinados para parqueaderos. En sistema estructural se escogió una valoración de “0”, los marcos del edificio son resistentes a momentos y los muros de corte de hormigón armado fueron diseñados para requisitos sísmicos más altos. En sistema de cimentación se escogió una

valoración de “6”, el edificio mantiene vigas de cimentación sin alguna alteración desde el año de su construcción. En año de construcción se escogió una valoración de “8”, es un edificio construido en el año 1990 pero se mantiene en reconstrucción después del sismo del año 2016. En altura del edificio se escogió una valoración de “0”, el edificio en su reconstrucción mantiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso. En sistemas del suelo se escogió una valoración de “3”, la losa a nivel no estructural aislada de vigas y cimientos.

Edificio Torre Mar

El edificio se encuentra ubicado en la Av. 3 de noviembre y calle Ciudad de Bahía, y cuenta con un total de 8 pisos incluido el parqueadero, entrepisos de 3.10 m de alto que se encuentra sobre el nivel del terreno y con una altura total de 24.80 m. Un área de construcción de aproximadamente 210 m² con uso residencial y construido en el año 2018.

Figura 60

Edificio Torre Mar



Tabla 22:*Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Torre Mar*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			4	2
5	Losas	0			0
6	Configuración en Planta		6		6
7	Configuración en Elevación	0			0
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
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	0			0
			Sumatoria		14

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

Tabla 23:*Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Torre Mar*

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
1 Sistema estructural		6		7,2
2 Material de paredes			12	14,4
3 Tipo de cubierta		6		7,2
4 Tipo de entrepiso	0			0
5 Número de pisos		6		3
6 Año de construcción	0			0
7 Estado de Conservación		6		3
8 Característica suelo bajo edificado	0			0
9 Topografía del sitio	0			0
10 Forma de la construcción		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, 2019).

Muy buena organización del sistema resistente con columnas gruesas con las dimensiones suficientes, con vigas descolgadas resultando en un sistema resistente a momento. Al ser una estructura nueva la calidad del hormigón es superior a los 24 Mpa con la utilización de acero corrugado, la mampostería de buena calidad y bien confinada, además de paneles de gypsum bien fijados.

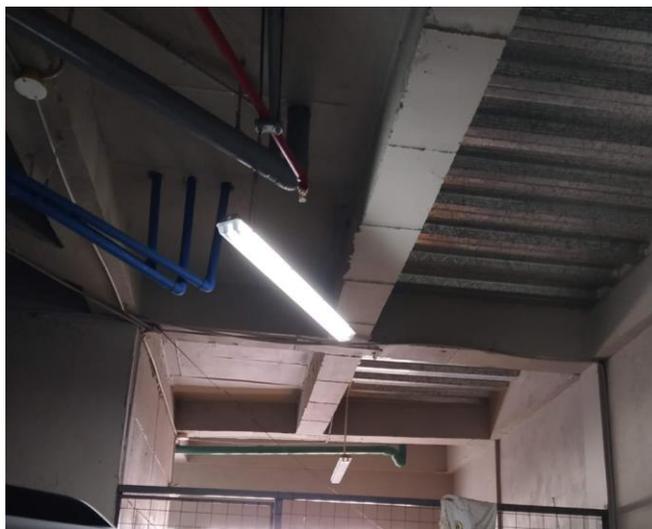
Los elementos que resistirán fuerzas sísmicas cuentan con las dimensiones y la capacidad suficiente para hacer frente a las fuerzas cortantes provenientes del movimiento. La edificación se encuentra sobre un terreno llano con un perfil de suelo

entre tipo C y D que puede presentar problemas de amplificación de ondas sísmicas conocido como efectos de sitio. A pesar de que el sistema de cimentación está acorde al tipo de suelo la incertidumbre del comportamiento que tendrá el suelo en un sismo hace que el índice de vulnerabilidad sea mayor.

Las losas presentes en este edificio son de placa colaborante sobre vigas de hormigón sin aberturas superiores al 30% del área total de la losa y mantienen una forma cuadrada.

Figura 61

Losa Deck sobre vigas de Hormigón



Posee una regularidad tanto en planta como elevación sin protuberancias exageradas con la presencia de unos pequeños balcones, sin entrantes ni salientes, las alturas de los pisos son similares y separada de estructuras vecinas evitando el problema de edificio abierto.

Figura 62

Balcones presentes en el Edificio Torre Mar



Por ser una edificación nueva y bajo la experiencia tomada del sismo del 2016, se presume que los nudos están diseñados bajo las normativas para construcciones en zonas sísmicas, las vigas están centradas a las columnas y a columnas interiores llegan 4 vigas y no presenta problemas o columna corta, pero se puso notar unas vigas cortas en la parte del parqueadero. No presenta elementos no estructurales que puedan desprenderse o resultar un peligro, su estado de conservación es muy bueno con paredes bien pintadas sin machas, ventanales sin grietas y puertas sin deformaciones.

Al encontrarse en primera línea hacia el estero del río Chone, la dirección predominante del impacto del tsunami sería paralela. La fuerza de las olas de tsunami provenientes del Pacífico se vería ralentizada al tener varias estructuras en el camino. El acceso como en la mayoría de los edificios presentes en esta zona está restringido y sólo los ocupantes tienen la entrada habilitada ya sea por la entrada principal como por la del estacionamiento. Las escaleras internas permiten la circulación de tres personas a la vez.

No cuenta con escaleras de emergencia exteriores que permitan una evacuación vertical óptima.

Alejada de puntos peligrosos que puedan comprometer a la estructura, las calles presentan una circulación alta de vehículos por estar frente a la playa de la desembocadura del río Chone, debido a esto ante la presencia de un tsunami, estos podrían convertirse en escombros u obstáculos peligrosos tanto para las personas como para los edificios.

La altura del edificio torre mar es de 24.8 m siendo la suficiente para una evacuación vertical porque se encuentra sobre la altura máxima de inundación

Edificio Mykonos

Este edificio fue construido en el año de 1993, se encuentra ubicado en la Calle Ciudad de Bahía, cuya área de construcción es de 179.72 m² con una altura total de 31.10 m superior a la altura máxima de inundación y una altura de entrepiso de 3.05 m. La edificación cuenta con 9 pisos todos sobre el nivel del suelo distribuidos en: plata baja para estacionamientos y bodegas, primer piso salón comunal y área de piscina, los pisos siguientes destinados a departamentos y un pent-house en el último piso.

Figura 63*Edificio Mykonos***Tabla 24:***Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Mikonos*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			4	2
5	Losas			6	6

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
6	Configuración en Planta		6		6
7	Configuración en Elevación		11		11
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad	0			0
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación	0			0
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
			Sumatoria		26

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

Tabla 25:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Mikonos

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural	0			0
2	Material de paredes	0			0
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0
				Sumatoria	32,4

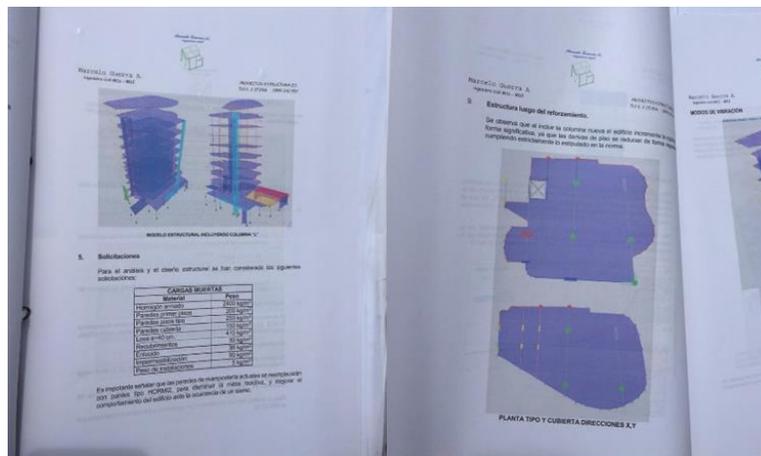
Nota: Esta tabla muestra ponderación, clase y valor de los parámetros de la normativa de la FEMA 2019. Obtenido de: (FEMA, 2019).

Los elementos estructurales están fabricados de hormigón armado cimentados sobre un suelo entre Tipo C y D sin inclinaciones, conformado por losas alivianadas, vigas descolgadas, columnas rectangulares que van desde la cimentación hasta el pent-house, además cuenta con muros de corte en el área del elevador, todos los elementos estructurales tienen una resistencia a la compresión del hormigón de 240 kg/cm². Su mampostería es de bloque hueco vibro prensado para paredes exteriores, divisiones interiores de Gypsum al igual que el revestimiento en los tumbados.

Figura 64*Acabados de la Estructura*

Después del terremoto de Pedernales, en el año 2018 se realizó el reforzamiento de la estructura en la cual se incluyó una columna nueva con el fin de incrementar la rigidez del edificio y reducir las derivas. El cálculo estructural del reforzamiento muestra que durante un nuevo evento sísmico el daño estructural se dará en las vigas y no en las columnas.

Figura 65

Informe Cálculo de Reforzamiento

Durante la evaluación no se observó la presencia de columna corta o viga corta en ninguna de las plantas, se tiene la sospecha de que es un edificio abierto debido a las irregularidades en planta que tiene y no muestra muchas irregularidades en elevación, posee escaleras continuas desde el primer piso hasta el pent-house con un ancho máximo para la circulación de 2 personas al igual que la entrada principal y esta edificación se encuentra separada de construcciones vecinas.

Figura 66

Entrada Peatonal y Vehicular

**Figura 67**

Escaleras Continuas



Debido a la orientación de la edificación el lado más corto se encuentra direccionado hacia la desembocadura del río Chone, por lo cual este lado será el que reciba el impacto del tsunami. No cuenta con escaleras de emergencia exteriores que permitan una evacuación vertical óptima.

La edificación se encuentra alejada de puntos peligrosos que puedan comprometer a la estructura, las calles presentan una circulación media de vehículos debido a que la vía está compuesta por dos carriles en un solo sentido y por estar frente a la playa de la desembocadura del río Chone donde las personas estacionan sus vehículos, debido a esto ante la presencia de un tsunami, éstos pueden convertirse en objetos peligrosos tanto para las personas como para los edificios debido al arrastre que producen las olas.

Edificio Capitán

Edificio ubicado en la Av. 3 de noviembre cuenta con 8 pisos todos sobre el nivel del terreno con un área de edificación de aproximadamente 170 m² y su uso es residencial. Construido en el 2000 y sufrió una remodelación luego del terremoto de abril de 2016.

Figura 68

Edificio Capitán



Tabla 26:*Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Capitán*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente	4			4
2	Calidad del Sistema Resistente	0			0
3	Resistencia Convencional	0			0
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas		4		4
6	Configuración en Planta		6		6
7	Configuración en Elevación		12		12
8	Conexión de elementos Críticos	1			0,75
9	Elementos de baja ductilidad		8		8
10	Elementos no Estructurales		6		1,5
11	Estado de Conservación	5			5
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
			Sumatoria		43,25

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

Tabla 27:*Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Capitán*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos			12	6
6	Año de construcción	5			5
7	Estado de Conservación		7		3,5
8	Característica suelo bajo edificado	5			5
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	3			3
			Sumatoria		58,5

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

El edificio Capitán respecto a la evaluación de vulnerabilidad sísmica se calificó considerando en primer lugar la organización del sistema resistente con una valoración de 4 ya que esta estructura cuenta con muros de corte (para el ascensor), columnas gruesas y vigas descolgadas, se la ve bien estructurada y rígida, pero se le disminuye un poco el puntaje debido a las ventanas grandes que la vuelven un poco vulnerable.

También se considera la calidad del sistema resistente con una valoración de 0 ya que la estructura tiene buen hormigón, la resistencia es de 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 se ve que no existe la posibilidad de tener hierros con oxido. Por otra parte, se ve que la mampostería utilizada es de buena calidad y que se encuentra bien confinada. Las juntas de construcción tienen buenos acabados y están debidamente selladas, respecto a la resistencia convencional con una valoración de 0 ya que según la información proporcionada este edificio fue remodelado debido al sismo de 2016 y toda su mampostería fue cambiada por gypsum, variando así sus cargas, según lo mencionado cumple con lo estipulado en la NEC-15 en donde la capacidad que tiene la estructura para resistir las fuerzas sísmicas y la demanda hallada por medio del cortante basal en donde se tiene un valor aceptable para α .

En lo que respecta a la posición del edificio y cimentación con una valoración de 4 ya que en Bahía un aspecto importante es el suelo (amplificación de las ondas sísmicas). La metodología italiana le da un valor bajo al rubro de cimentación, se considera las losas con una valoración de 4 ya que se trata de una losa con espesor mayor a 10 cm esta se encuentra sobre vigas descolgadas, pero también está conformada de vigas banda, 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%.

Se determina la configuración en planta con una valoración de 6 ya que se observa que $0.1 < \beta_2 \leq 0.20$ y la configuración en elevación con una valoración de 12 debido a que es una estructura con pointer, posee un piso superior de menor área y no cumple con la condición indicada para Clase C, se considera la conexión de elementos críticos con una valoración de 1 ya que se observa que a un nudo interior llegan cuatro vigas y viendo el nudo se presume que fue bien diseñado.

Figura 69

Protuberancia del edificio

**Figura 70**

Piso superior de menor área



En lo que respecta a elementos de baja ductilidad se tiene una valoración de 8 ya que se tiene un caso de viga corta, pero no se tiene el caso de columna corta y con el resto se construyó siguiendo lo prescrito por el código ACI 318 para zonas sísmicas, se considera los elementos no estructurales con una valoración de 6 ya que presenta alguno que otro elemento de los indicados en Clase A, equipo contra incendios que han sido

colocados dentro de una pared, en otros elementos su caída se estima que no va a afectar mayormente a la estructura; se piensa que no va a causar heridas a ninguna persona peor la muerte.

Figura 71

Viga corta



Figura 72

Equipo contra incendios dentro de una pared



Respecto al estado de conservación se tiene una valoración de 5 ya que es una construcción que está muy bien pintada, pero presenta ciertas fallas en algunos lugares, se observa un poco de manchas de humedad en las paredes. 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, al considerar si la estructura ha sido reforzada luego de un sismo con una valoración de 0 ya que es una estructura que fue afectada por un terremoto, pero fue reforzada y remodelada.

El edificio Capitán respecto a la evaluación de vulnerabilidad ante tsunami se calificó considerando en primer lugar la orientación del edificio con una valoración de 6 ya que es un edificio rectangular con la dirección larga que tiende algo a ser orientada paralela al flujo, en lo que respecta a los accesos entrada se evaluó con una valoración de 12 (la más baja) ya que no dispone de acceso y puesta en funcionamiento inmediato (acceso libre) para toda la población debido a que es una propiedad privada y para los accesos escaleras con una valoración de 12 ya que tiene escaleras interiores con dimensiones insuficientes (2 o menos personas a la vez) para la evacuación vertical.

Figura 73

Dimensión de escalera



Se considera la ubicación del edificio respecto a puntos de peligro con una valoración de 0 ya que no se encontraban estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos a una distancia menor a 200 metros, y para la ubicación del edificio respecto a calles y avenidas con una valoración de 12 debido a que las calles y avenidas cercanas al edificio son de alta circulación vehicular en una calle estrecha con alta probabilidad de congestión vehicular. Respecto al sistema estructural con una valoración de 5 ya que los marcos resistentes a momentos de son hormigón armado y los sistemas de muros de corte de hormigón armado (son para ascensor) y para el sistema de cimentación una valoración de 7 debido a que según la información proporcionada el edificio está construido con vigas de cimentación.

Consideramos el año de construcción con una valoración de 5 ya que a pesar de ser un edificio viejo, luego del sismo de 2016 fue completamente remodelado y para la altura del edificio una valoración de 0 ya que el edificio tiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso, por último, en lo que respecta a los sistemas de suelo con una valoración de 3 ya que posee una losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos y columnas de nivel.

Edificio Vista Mar

El edificio Vista Mar se encuentra ubicado en las calles Ciudad de Bahía y 3 de noviembre, este cuenta con 8 pisos sobre el nivel de terreno, sin subterráneos, cada piso tiene una altura de 2.80 metros y tiene un área aproximada de 450m², el uso que se le ha dado a este edificio es para departamentos familiares a los cuales acuden familias en épocas de feriados. Este edificio fue construido aproximadamente en el año de 1990 diseñado por el ex presidente Sixto Durán Ballén.

Figura 74*Edificio Vista Mar***Tabla 28:***Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Vista Mar*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente		6		6
2	Calidad del Sistema Resistente	0			0
3	Resistencia Convencional	5			5
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas		3		3
6	Configuración en Planta		10		10
7	Configuración en Elevación		11		11

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
8	Conexión de elementos Críticos			6	4,5
9	Elementos de baja ductilidad		6		6
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación		5		5
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
				Sumatoria	53,5

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

Tabla 29:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Vista Mar

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural	4			4,8
2	Material de paredes		10		12
3	Tipo de cubierta		10		12
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos			12	6
6	Año de construcción		6		6
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado		6		6
9	Topografía del sitio	0			0

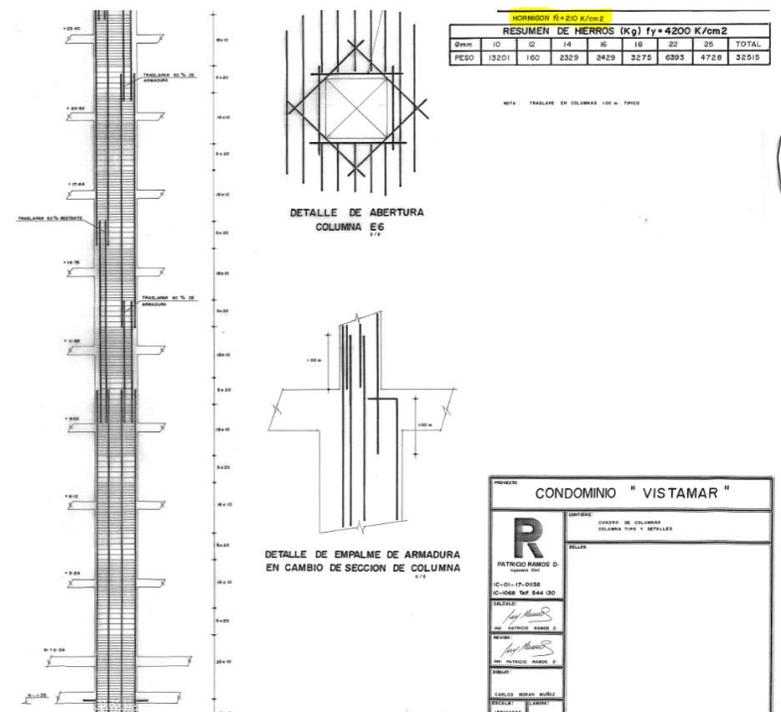
	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
10	Forma de la construcción	0			0
			Sumatoria		49,8

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

En cuanto a la organización del sistema resistente este edificio cuenta con columnas de gran sección, vigas descolgadas y losas alivianadas, con alturas de compresión alrededor de 10 cm, en su gran parte distribuidas en forma cuadradas, cuenta también con muros de corte por lo que se puede decir que es una estructura rígida. En cuanto a la calidad del sistema resistente este edificio fue construido con un hormigón resistente a la compresión máxima de 21Mpa en planos, y al realizar una inspección no se encontraron hormigueros, ni varillas oxidadas o a la vista. Por lo visto en planos y el detalle del armado de las columnas se puede observar que sus elementos verticales son capaces de resistir altas demandas.

Figura 75

Fragmento de Planos de Edificio Vista Mar



Nota: Fragmento de Planos de Edificio Vista Mar en el que se especifica el $f'c$ de un valor de 210Kg/cm²

El edificio no presenta caso de edificio abierto, ni aun de piso blando por lo que solo cabe recalcar que, si se podía observar la irregularidad en planta que este edificio tenía, con protuberancias debido a los balcones amplios, en cuanto a la configuración en elevación este no tenía mucho problema, siendo en su mayoría regular y de la misma altura de entrepiso. A los lados del edificio no se encuentran otros edificios que puedan golpear a Vista mar.

Figura 76

Columnas y vigas de Vista mar



En cuanto a la conexión de los elementos entre vigas y columnas se pudo observar que en algunos casos las vigas no entraban centradas a la columna lo que puede generar problemas de vulnerabilidad. En la mayoría se tenía que para nudos internos llegaban cuatro vigas. A más de estas observaciones no se encontraron elementos de baja ductilidad a excepción de una sospecha de viga corta que cumplía con $4 h_v < L_v \leq 6 h_v$.

Figura 77

Viga descentrada



Figura 78

Sospecha de viga corta



El edificio no contaba con elementos no estructurales que puedan poner en riesgo la vida de las personas en caso de desprendimiento, y el estado de conservación del mismo es bueno, todas sus puertas sirven correctamente, solo se observó sectores con un poco de pintura antigua pero globalmente el edificio estaba muy bien conservado.

Figura 79

Estado de conservación del edificio



Al adentrarnos en la cuestión de resistencia de este edificio frente a un tsunami o su capacidad de ser un potencial refugio vertical se puede observar que la orientación de este edificio en su dirección larga es mayormente paralela al flujo. Lo que cabe resaltar es que los accesos para gradas y entradas si eran estrechos como se presenta en la siguiente ilustración.

Figura 80

Espacio de gradas



Al igual que en los demás edificios este también cuenta con entrada para vehículos, pero como se mencionó si estas puertas sirviesen de entrada peatonal en caso de una evacuación vertical se tendría el problema de acumulación de personas en las escaleras por el reducido espacio que estas tienen. Este edificio se encuentra lejos de espacios que puedan considerarse peligrosos ni cerca de edificios vulnerable que lo puedan golpear, pero si se encuentra en el malecón frente al mar en donde existe alto volumen de vehículos y peatones haciéndolo vulnerable a golpes de parte de escombros como carros que suelen parquear frente al edificio, y también debido a la gran cantidad de personas en la zona esta llega a ser fuente de caos.

La cimentación de este edificio al igual que el de la mayoría de edificios en todo Bahía es de vigas o losas de cimentación. Este edificio fue construido alrededor del año 1990 y ha resistido varios sismos fuertes como el del 98 o el más reciente del 2016, teniendo este mismo un buen desempeño frente a estos siniestros y que no se

presentaron daños a nivel estructural y se ha reparado los elementos en los que se tuvo más daños siendo estos únicamente la mampostería. El edificio no cuenta con pisos bajo el nivel del suelo que puedan causar un empuje vertical del agua encerrada en esos pisos.

Edificio Neptuno

Al edificio residencial Neptuno se le realizó pequeños cambios en su fachada inmediatamente luego del sismo del año 2016, pero su construcción data del año de 1990. Está ubicado en las calles Javier Rodríguez Mieles 204 de Bahía de Caráquez, este posee un número total de 8 pisos, de los cuales 7 pisos se encuentran sobre el nivel del terreno y 1 bajo el nivel del terreno, la altura de entrepiso es de 3.00 m, el área de la edificación a pesar de su reconstrucción se mantiene en 480 m².

Figura 81

Edificio Neptuno



Tabla 30:*Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Neptuno*

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
1 Organización del Sistema Resistente		6		6
2 Calidad del Sistema Resistente		6		3
3 Resistencia Convencional			17	17
4 Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5 Losas	0			0
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	3			3
10 Elementos no Estructurales	2			0,5
11 Estado de Conservación		10		10
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
		Sumatoria		54,75

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

Tabla 31:*Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Neptuno*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes		10		12
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso		6		3
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	3			3
			Sumatoria		57,6

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

En organización del sistema resistente se escogió una valoración de “6” puesto que la estructura no posee muros de corte, está formado por columnas apropiadas y ligeramente descolgadas. En calidad del sistema resistente se escogió una valoración de “6” por su calidad del hormigón, puesto que su resistencia es de 18 MPa. Se pudo observar en las columnas, vigas y losas no tuvieron ninguna afectación estructural luego del terremoto del año 2016, además en su construcción se utilizó varillas corrugadas de buena calidad sin embargo se presume que han desarrollado oxido. En resistencia convencional se escogió una valoración de “17”, originalmente la estructura se diseñó en base a la capacidad de corte de sus elementos, luego del terremoto del año 2016 se

observó que sus elementos estructurales no sufrieron daño, pero sí la mampostería, por lo que en su posterior reconstrucción se realizaron pequeños cambios, pero se mantuvo su configuración estructural. En posición del edificio y cimentación se escogió una valoración de “4”, la cimentación fue realizada con pilotes y vigas de cimentación sin embargo el tipo de suelo se puede considerar como tipo “C” ó “D”. En losas se escogió una valoración de “0” debido a que todas las losas se encuentran sobre vigas descolgadas, las losas poseen regularidad en planta y no poseen aberturas en su área de cada planta. En configuración en planta se escogió una valoración de “6” debido a la sospecha de que es un edificio abierto y protuberancias menores al 10% en cada planta. En configuración en elevación se escogió una valoración de “5” por no poseer pisos blandos, además se puede apreciar la rigidez de los pisos inferiores es mayor que la rigidez en pisos superiores. En conexión de elementos críticos se escogió una valoración de “3”, se encontró vigas que no estaban centradas con las columnas entonces se presume que los nudos interiores no fueron bien diseñados. En elementos de baja ductilidad se escogió una valoración de “3”, no se tiene el caso de viga o columna corta por lo que se presume que se construyó siguiendo lo prescrito en el código ACI 318 para zonas sísmicas. En elementos no estructurales se escogió una valoración de “2”, no presenta elementos no estructurales que pueden caerse. En estado de conservación se escogió una valoración de “10”, se observó algunas manchas de humedad en las paredes en las todas plantas, pero se estima que el descuido en el mantenimiento es menor.

Figura 82

Manchas de humedad edificio Neptuno



En estructura ha sido reforzada luego de un sismo se escogió una valoración de “0”, la estructura fue afectada por el terremoto del año 2016 pero mantiene su capacidad estructural.

En orientación del edificio se escogió una valoración de “6”, es un edificio de características rectangulares y se encuentra orientado perpendicular al flujo de ola del tsunami que vendría del Océano Pacífico, en su dirección largo/ancho menor a 1.50. En accesos “entrada” se escogió una valoración de “10”, el edificio mantiene una sola entrada con dimensiones insuficientes con dificultad de acceso. En accesos “escaleras” se escogió una valoración de “12”, las escaleras interiores no mantienen continuidad vertical y sus dimensiones son insuficientes (2 o menos personas a la vez). En ubicación del edificio “puntos peligrosos” se escogió una valoración de “6”, el edificio se encuentra a una distancia cercana del puerto. En ubicación del edificio “calles y avenidas” se escogió una valoración de “6”, el edificio se encuentra frente a una calle estrecha de posible alta circulación en condiciones normales, con espacios destinados para parqueaderos. En

sistema estructural se escogió una valoración de “0”, los marcos del edificio son resistentes a momentos y los muros de corte de hormigón armado fueron diseñados para requisitos sísmicos más altos. En sistema de cimentación se escogió una valoración de “6”, el edificio mantiene vigas de cimentación sin alguna alteración desde el año de su construcción. En año de construcción se escogió una valoración de “12”, es un edificio construido en el año 1990 pero se mantiene en reconstrucción después del sismo del año 2016. En altura del edificio se escogió una valoración de “0”, el edificio en su reconstrucción mantiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso. En sistemas del suelo se escogió una valoración de “3”, la losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos.

Edificio Punta Norte

Ubicado en la avenida 3 de noviembre y calle Ciudad de Bahía, cuenta con 9 pisos, con una altura de 3.20 m cada uno, todos sobre el nivel del terreno, una altura total de 28.8 m y con un área aproximada de 180 m², de uso residencial y construido en el año de 1988. Ha resistido a los sismos de Bahía de 1998 y al de Pedernales de 2016, en este último ha quedado gravemente dañado siendo calificado por el Miduvi como una estructura insegura, por lo que actualmente se encuentra desocupado y esperando a ser derrocado.

Figura 83

Edificio Punta Norte



Tabla 32:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Punta Norte

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			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

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación			20	20
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo			22	22
				Sumatoria	105,25

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

Tabla 33:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Punta Norte

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción			12	12
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción		6		6

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
				72
	Sumatoria			72

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

Se notó la presencia de elementos con secciones gruesas y vigas descolgadas, pero por el último terremoto sufrido todas estas se vieron afectadas y se encuentran con problemas de grietas en el hormigón. Analizando el año de construcción se presume el que hormigón pudo tener una resistencia menor a los 24 Mpa, presencia de cristales rotos, paredes cuarteadas, sin puertas y debido su estado de abandono y presencia de grietas se presume que el acero de refuerzo se encuentra oxidado.

La resistencia al corte otorgado por las columnas, actualmente se encuentra sumamente por debajo a la que demanda un evento sísmico que pueda volver a suceder, resultando en derivas altas. El perfil de suelo presenta está entre tipo C y D con presencia de efectos de sitio que podrían comprometer aún más la estabilidad del edificio Punta Norte.

Las losas son bidireccionales alivianadas con vigas banda. Tanto en planta como en elevación es regular, presenta una forma trapezoidal, posee unos volados. Presenta una buena conexión entre los elementos verticales como horizontales se presume que el nudo no fue diseñado por la antigüedad de su construcción y debido a los terremotos sufridos la presencia de rotulas plásticas es inevitable.

Figura 84*Losa con Vigas Banda*

La presencia de vigas y columnas cortas es poco frecuente, varios de los elementos no estructurales han sido removidos quedando antepechos y mampostería no confinada, su estado de conservación es malo con presencia de vidrios rotos, humedad visible y pintura desgastada. La estructura no ha sido reforzada debido a su condición de próxima a derrocar.

Figura 85

Daños provocados por el Terremoto de 2016



El edificio se encuentra al frente del Océano Pacífico con su lado largo perpendicular al sentido del tsunami por lo que el impacto de un tsunami sería crítico. La entrada a este edificio está restringida para todas las personas, sus escaleras se encuentran en la parte exterior y pueden circular un máximo de 2 personas. No está cercano a puntos peligrosos, y las calles y avenidas tienen un flujo medio de circulación.

El edificio Punta Norte cuenta con la altura necesaria para una evacuación vertical pero su pésimo estado hace que sea un edificio de evacuación vertical de último recurso, es decir, será la última opción que tenga una persona a la hora de encontrar edificaciones altas que estén por encima de la altura de inundación.

Edificio El Faro

Esta edificación fue construida en el año de 2012, se encuentra ubicada en la Av. Vigilio Ratti y Calle Octavio Viteri, ocupa un área de 325.20 m² con una altura total de 28.30 m que supera a la altura máxima de inundación, y una altura de entrepiso de 2.80 m. El edificio está conformado por 9 pisos todos sobre el nivel del suelo distribuidos de tal manera que la planta baja está destinada a estacionamientos, primer piso área social y área de piscina, los pisos superiores destinados a departamentos y el último piso un pent-house.

Figura 86

Edificio El Faro



Tabla 34:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio El Faro

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

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

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

Tabla 35:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio El Faro

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes		6		7,2
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación	0			0
8	Característica suelo bajo edificado		6		6
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
				Sumatoria
				37,8

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

Figura 87

Área Social y Piscina



Es un edificio de hormigón armado cimentado con pilotes sobre un suelo entre Tipo C y D totalmente horizontal, el sistema estructural está conformado por losas bidireccionales aligeradas con casetones, vigas descolgadas, columnas cuadradas y circulares bien robustas, además cuenta con muros de corte en el área del elevador y escaleras, todos los elementos estructurales tienen una resistencia a la compresión del hormigón de 240 kg/cm². La mampostería es de bloque hueco vibro prensado para paredes exteriores, divisiones interiores de Gypsum al igual que el revestimiento en los tumbados.

Figura 88

Losa Alivianada Bidireccional

**Figura 89**

Vigas Descolgadas y Columnas Rectangulares

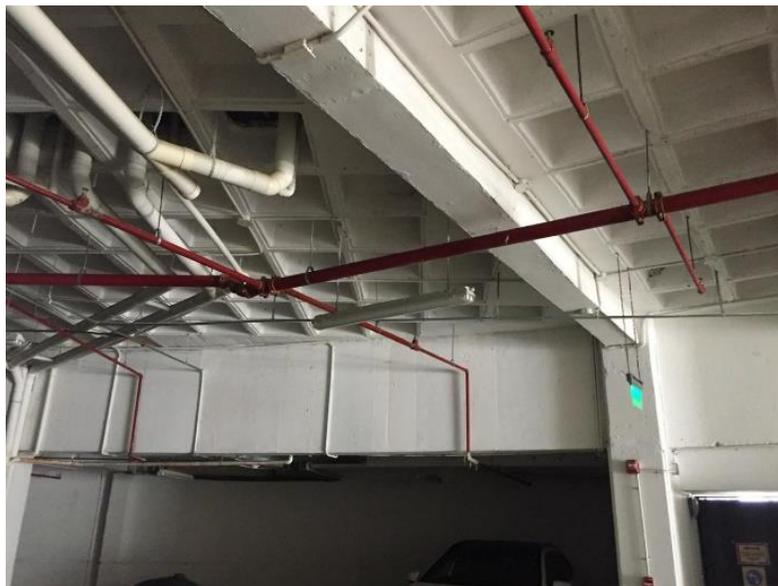
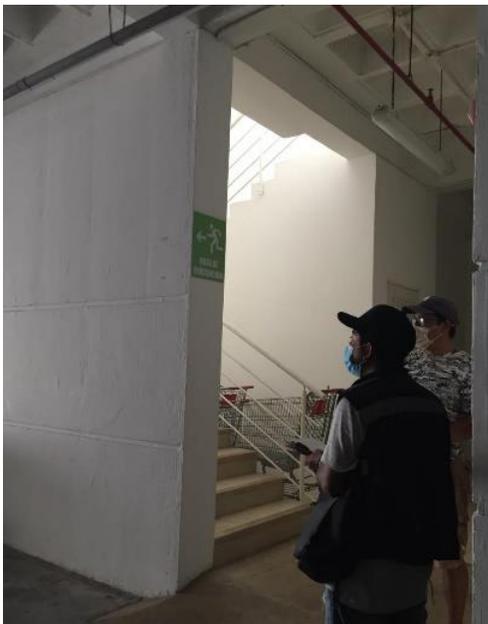
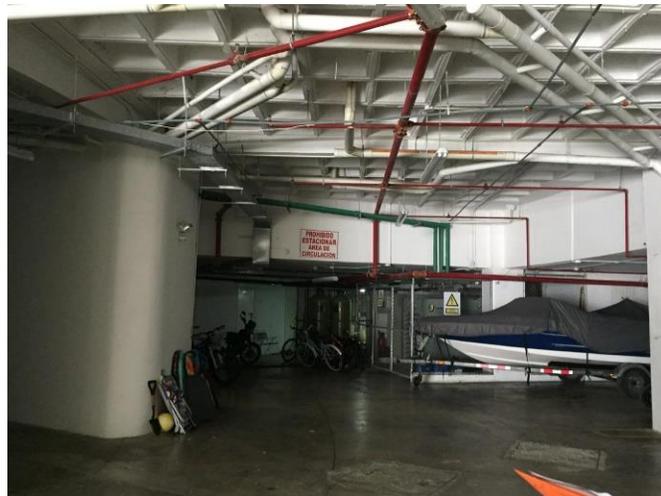


Figura 90*Muro Estructural y Escaleras*

A la fecha de evaluación de la estructura, no se realizó ningún reforzamiento debido a que no hubo ningún daño en los elementos estructurales más que pequeñas fisuras en la mampostería no muy importantes las cuales fueron reparadas y pintadas.

Durante la evaluación no se observó la presencia de columna corta o viga corta en ninguna de las plantas, se tiene la sospecha de que es un edificio abierto debido a las pequeñas irregularidades en planta que tiene y no muestra muchas irregularidades en elevación además que se encuentra separada de edificaciones vecinas, cuenta con sistema contra incendios y escaleras continuas desde la planta baja hasta el último piso con un ancho máximo para dos personas al igual que las entradas principales.

Figura 91*Escaleras a Pisos Superiores***Figura 92***Red Sanitaria y Contra Incendios*

Debido a la orientación del edificio el lado más largo se encuentra direccionado hacia el Océano Pacífico, por lo cual este lado será el que reciba directamente el impacto

del tsunami. No cuenta con escaleras de emergencia exteriores que permitan una evacuación vertical óptima.

La edificación se encuentra alejada de puntos peligrosos que puedan comprometer a la estructura, las calles presentan una circulación alta de vehículos debido a que la vía principal está compuesta por dos carriles de doble sentido, además por estar frente a la playa del Océano Pacífico y el faro que es atractivo turístico, las personas estacionan sus vehículos lo que podrían convertirse en objetos peligrosos tanto para las personas como para los edificios debido al arrastre de las olas que se producen durante un tsunami.

Edificio Las Gaviotas

Edificio ubicado en la Av. 3 de noviembre y calle ciudad de Bahía cuenta con 5 pisos todos sobre el nivel del terreno con un área de edificación de aproximadamente 230 m² y su uso es residencial. Construido en el 2010.

Figura 93

Edificio Las Gaviotas



Tabla 36:*Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Las Gaviotas*

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
1 Organización del Sistema Resistente			12	12
2 Calidad del Sistema Resistente	0			0
3 Resistencia Convencional	5			5
4 Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5 Losas		4		4
6 Configuración en Planta		6		6
7 Configuración en Elevación		11		11
8 Conexión de elementos Críticos	2			1,5
9 Elementos de baja ductilidad		10		10
10 Elementos no Estructurales	1			0,25
11 Estado de Conservación	5			5
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
		Sumatoria		56,75

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

Tabla 37:*Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Las Gaviotas*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural			10	12
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos			12	6
6	Año de construcción		5		5
7	Estado de Conservación			12	6
8	Característica suelo bajo edificado		6		6
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción		6		6
			Sumatoria		69,8

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

El edificio Las Gaviotas respecto a la evaluación de vulnerabilidad sísmica se calificó considerando en primer lugar la organización del sistema resistente con una valoración de 12 ya que esta estructura se la ve flexible, compuesta por losa plana y columnas de pequeñas dimensiones y está compuesta por vigas banda y columnas de pequeña dimensión.

También se considera la calidad del sistema resistente con una valoración de 0 ya que la estructura tiene buen hormigón, la resistencia es de 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 se ve que no existe la posibilidad de tener hierros con oxido. Por otra parte, se ve que la mampostería utilizada es de buena calidad y que se encuentra bien confinada, respecto a la resistencia con una valoración de 5 ya que según la información proporcionada este edificio tiene algunas modificaciones debido al sismo de 2016 según la información cumple con lo estipulado en la NEC-15 en donde la capacidad que tiene la estructura para resistir las fuerzas sísmicas y la demanda hallada por medio del cortante basal en donde se tiene un valor aceptable para α .

En lo que respecta a la posición del edificio y cimentación con una valoración de 4 ya que en Bahía un aspecto importante es el suelo (amplificación de las ondas sísmicas) la metodología italiana le da un valor bajo al rubro de cimentación, se considera las losas con una valoración de 4 ya que se trata de una losa con espesor mayor a 10 cm la cual está conformada de vigas banda, la relación entre lado largo a lado corto es menor que 1.5, es losa plana sobre columnas.

Se determina la configuración en planta con una valoración de 6 ya que se observa que la protuberancia es menor al 10% de la longitud en el sentido de la protuberancia y la configuración en elevación con una valoración de 11 debido a que posee un piso superior de menor área y no cumple con la condición indicada para Clase C, se considera la conexión de elementos críticos con una valoración de 2 se observa que a un nudo interior llegan cuatro vigas y viendo el nudo se presume que fue bien diseñado.

En lo que respecta a elementos de baja ductilidad se tiene una valoración de 10 ya que se tiene un caso de viga corta pero no es tan crítico, pero no se tiene el caso de columna corta y con el resto se construyó siguiendo lo prescrito por el código ACI 318 para zonas sísmicas, se considera los elementos no estructurales con una valoración de 1 ya que la estructura no presenta elementos no estructurales que pueden caerse.

Respecto al estado de conservación se tiene una valoración de 5 ya que es una construcción que está muy bien pintada, pero presenta ciertas fallas en algunos lugares, se observa manchas de humedad, en las paredes, 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, al considerar si la estructura ha sido reforzada luego de un sismo con una valoración de 0 ya que es una estructura que fue afectada por un terremoto, pero fue evaluada y fue reforzada y no se observa ninguna fisura en las paredes y en la estructura.

El edificio Las Gaviotas respecto a la evaluación de vulnerabilidad ante tsunami se calificó considerando en primer lugar la orientación del edificio con una valoración de 10 ya que el edificio es rectangular con la relación largo/ancho menor a 1.50 y con la dirección larga orientada perpendicular al flujo, en lo que respecta a los accesos entrada con una valoración de 12 (la más baja) ya que no dispone de acceso y puesta en funcionamiento inmediato (acceso libre) para toda la población debido a que es una propiedad privada y para los accesos escaleras con una valoración de 12 ya que tiene escaleras interiores con dimensiones insuficientes (2 o menos personas a la vez) para la evacuación vertical.

Se considera la ubicación del edificio puntos de peligro con una valoración de 0 ya que no se encontraban estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos a una distancia menor a 200 metros y para la ubicación del edificio calles y avenidas con una valoración de 12 debido a que las calles y avenidas cercanas al edificio son de alta circulación vehicular. Respecto al sistema estructural con una valoración de 5 ya que los marcos resistentes a momentos de son hormigón armado y para el sistema de cimentación una valoración de 12 debido

a que según la información proporcionada el edificio está construido con zapatas de extensión poco profundas.

Consideramos el año de construcción con una valoración de 6 ya que el edificio es medianamente antiguo entre 6 y 15 años de construcción y para la altura del edificio una valoración de 0 ya que el edificio tiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso, por último, en lo que respecta a los sistemas de suelo con una valoración de 6 ya que posee una losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos y columnas de nivel.

Edificio Cariló

El Edificio Cariló se encuentra ubicado en las calles 3 de noviembre y Hurtado, este cuenta con 10 pisos todos estos sobre el nivel natural del terreno, sin subsuelos. La altura de entrepiso es de 3,2 metros y tiene un área de construcción de alrededor de 600 metros cuadrados, este edificio fue construido en el año 2015 y tiene un uso exclusivo para departamentos familiares.

Figura 94

Edificio Cariló



Tabla 38:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Cariló

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			4	2
5	Losas	0			0
6	Configuración en Planta	4			4
7	Configuración en Elevación	5			5
8	Conexión de elementos Críticos	0			0

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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		18

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

Tabla 39:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Cariló

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural	0			0
2	Material de paredes		6		7,2
3	Tipo de cubierta		6		7,2
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado	0			0
9	Topografía del sitio	0			0

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
10 Forma de la construcción	0			0
		Sumatoria		20,4

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

En cuanto a la organización del sistema resistente el edificio Cariló es un edificio muy rígido, este cuenta con columnas de grandes dimensiones y vigas de gran peralte al igual que con muros de corte. El Edificio fue construido con un hormigon que tiene una resistencia a la compresión de 28 MPa, en ningún elemento se pudo observar que existan hormigoneros, fue construido con varillas corrugadas, y no existe sospecha de que pueda haber oxido en los hierros. Los elementos verticales tales como columnas y muros de corte tienen dimensiones que aseguran cumplir con la demanda de los mismos. Este edificio cuenta con losas macizas de 16 centímetros.

Figura 95

Muros, vigas y columnas



En lo que respecta a irregularidad en planta o en elevación el edificio no presenta los típicos problemas de edificio abierto o de piso blando, y los 1os balcones del mismo no representan una masa importante en comparación con el resto del piso, su distribución vertical es muy regular sin entrantes ni salientes Como se presenta a continuación en ilustraciones que exponen el proceso constructivo.

Figura 96

Distribución en planta

**Figura 97**

Configuración en elevación



En cuanto a la conexión de elementos críticos se puede observar que los nudos fueron bien diseñados y no se observa elementos descentrados entre vigas ni en columnas, tampoco se pudo observar elementos de baja ductilidad que la vuelvan vulnerable, más bien es una estructura dúctil. En sus exteriores no hay elementos no estructurales que puedan causar daño a las personas que transiten por sus alrededores, los balcones tienen antepechos de vidrio que han sido bien fijados por lo que no representan mayor riesgo, pero por el hecho de tenerlos no se le ha dado una calificación perfecta para ser un poco conservadores. El estado de conservación del edificio es muy bueno no se observa descuido, antes, se pudo ver que este tiene un mantenimiento regular, y por lo conversado con el ingeniero constructor a cargo, el edificio tuvo un excelente desempeño, de los mejores entre los edificios de Bahía, frente al sismo del 16 de abril del 2016.

Figura 98

Conexión de elementos críticos



En lo referente a la vulnerabilidad que pueda presentar el edificio frente a un posible tsunami, este edificio obtuvo un excelente puntaje en relación a los demás edificios en Bahía, por diversas razones, como son su ubicación, este edificio no se encuentra en la primera línea de impacto, este es un edificio rectangular con la dirección larga orientada paralela al flujo de del agua lo que le da una calificación muy favorable.

Figura 99

Ubicación del edificio Cariló



Las entradas de este edificio no eran las ideales, pero tampoco eran tan pequeñas como las de otros edificios de Bahía, por lo que tranquilamente se podía subir por las escaleras de 2 a 3 personas sin problema, en cuanto al acceso al edificio este cuenta con una puerta peatonal de mediana dimensión y con una vehicular, misma que al ser habilitada podría ayudar a que la gente pueda acudir a este edificio. Este edificio como se aprecia en la anterior ilustración no se encuentra en la primera línea costera sino en la segunda lo que la aparta un poco del tránsito alto posible que tiene el malecón, pero

tampoco se considera como una calle sin flujo vehicular ni peatonal, por lo que se le ha dado una calificación intermedia B. No existe alrededor de este edificio ningún punto que se pueda considerar peligroso ni edificios frágiles que puedan colapsar causando un daño directo al Cariló. La altura del edificio está por un alrededor de 32 metros de por lo que considerando el parámetro de altura de edificio que nos menciona que debe ser 130% más alto que la altura máxima de inundación, adicionado una altura de entrepiso este valor es de 11 metros por lo que por mucho este edificio suple este parámetro. La cimentación con la que cuenta el Cariló es de zapatas aisladas. El edificio no cuenta con subsuelos que puedan causar un empuje vertical del agua en caso de una inundación ya que su distribución empieza en el nivel natural del terreno.

Edificio Ocean Bay Tower

Al edificio residencial Ocean Bay Tower se le realizaron algunos cambios inmediatamente luego del sismo del año 2016, pero su construcción data del año de 2013. Está ubicado en Av. Virgilio Ratti y Cecilio Intriago de Bahía de Caráquez, este posee un número total de 9 pisos, de los cuales todos los pisos se encuentran sobre el nivel del terreno, la altura de entrepiso es de 2.40 m, el área de la edificación a pesar de su reconstrucción se mantiene en 710 m².

Figura 100*Edificio Ocean Bay Tower***Tabla 40:***Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Ocean Bay Tower*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente	3			3
2	Calidad del Sistema Resistente	0			0
3	Resistencia Convencional		11		11
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas	0			0

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
6	Configuración en Planta		6		6
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		34

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

Tabla 41:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Ocean Bay Tower

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes		6		7,2
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entepiso		6		3
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3

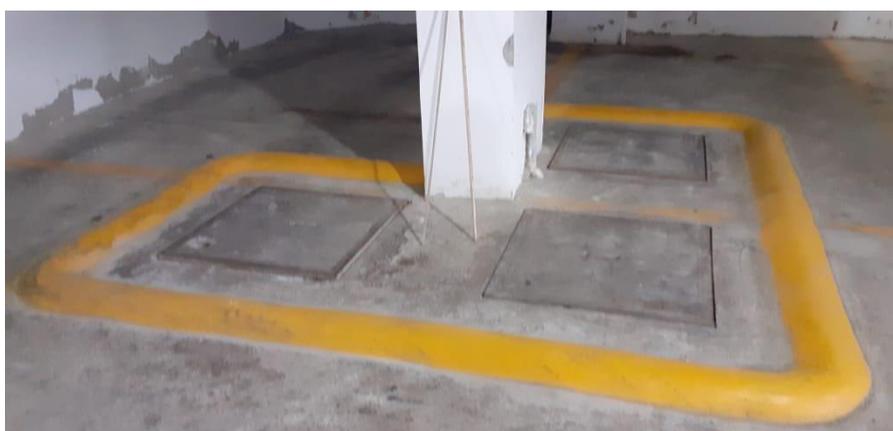
	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
8	Característica suelo bajo edificado	0			0
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	4			4
				Sumatoria	41,8

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

En organización del sistema resistente se escogió una valoración de “3” puesto que la estructura posee muros de corte y está formado por columnas gruesas bien estructuradas y rígidas.

Figura 101

Columna planta baja edificio Ocean Bay Tower



En calidad del sistema resistente se escogió una valoración de “0” por su buena calidad en el hormigón, puesto que su resistencia es de 24 MPa. Se pudo observar en las

columnas, vigas y losas no tuvieron ninguna afectación estructural luego del terremoto del año 2016, además en su construcción se utilizó varillas corrugadas de buena calidad que en la actualidad no han desarrollado oxido. En resistencia convencional se escogió una valoración de “11”, originalmente la estructura se diseñó en base a la capacidad de corte de sus elementos, luego del terremoto del año 2016 se observó que sus elementos estructurales no sufrieron daño, pero sí la mampostería, por lo que en su posterior reconstrucción se realizaron cambios, se cambió el ladrillo por gypsum y se realizó encamisado de vigas y columnas con perfiles de acero para aumentar su resistencia estructural. En posición del edificio y cimentación se escogió una valoración de “4”, la cimentación fue realizada con pilotes y vigas de cimentación sin embargo el tipo de suelo se puede considerar como tipo “C” ó “D”. En losas se escogió una valoración de “0” debido a que todas las losas se encuentran sobre vigas descolgadas, las losas poseen regularidad en planta y no poseen aberturas en su área de cada planta. En configuración en planta se escogió una valoración de “6” debido a la sospecha de que es un edificio abierto y protuberancias menores al 10% en cada planta. En configuración en elevación se escogió una valoración de “5” por no poseer pisos blandos, además se puede apreciar la rigidez de los pisos inferiores es mayor que la rigidez en pisos superiores. En conexión de elementos críticos se escogió una valoración de “0”, absolutamente a todos los nudos interiores llegan cuatro vigas, además se observa que los nudos fueron bien diseñados. En elementos de baja ductilidad se escogió una valoración de “6”, existe un caso de viga o corta pero no es tan crítico, se presume que no se siguió a pie de la letra lo estipulado por el ACI 318. En elementos no estructurales se escogió una valoración de “4”, presenta cielos rasos falsos, repisas con materiales que pueden voltearse y aire acondicionado apoyados en las paredes. En estado de conservación se escogió una valoración de “0”, es una construcción muy bien pintada y no se observa manchas de humedad.

Figura 102*Manchas de humedad edificio Ocean Bay Tower*

En estructura ha sido reforzada luego de un sismo se escogió una valoración de “0”, la estructura fue afectada por el terremoto del año 2016 pero mantiene su capacidad estructural por sus múltiples reparaciones y reforzamientos en los elementos estructurales y mampostería.

En orientación del edificio se escogió una valoración de “6”, es un edificio de características rectangulares que se encuentra orientado perpendicular al flujo de ola de tsunami que vendría desde el Océano Pacífico, en su dirección largo/ancho menor a 1.50. En accesos “entrada” se escogió una valoración de “6”, el edificio mantiene una sola entrada con dimensiones suficientes para 3 y 4 personas a la vez.

Figura 103

Entrada principal edificio Ocean Bay Tower



En accesos “escaleras” se escogió una valoración de “12”, las escaleras interiores no mantienen continuidad vertical y sus dimensiones son insuficientes (2 o menos personas a la vez).

Figura 104*Escaleras edificio Ocean Bay Tower*

En ubicación del edificio “puntos peligrosos” se escogió una valoración de “6”, el edificio se encuentra a una distancia cercana del puerto. En ubicación del edificio “calles y avenidas” se escogió una valoración de “6”, el edificio se encuentra frente a una calle con posible alta circulación en condiciones normales, con espacios destinados para parqueaderos. En sistema estructural se escogió una valoración de “0”, los marcos del edificio son resistentes a momentos y los muros de corte de hormigón armado fueron diseñados para requisitos sísmicos más altos. En sistema de cimentación se escogió una valoración de “6”, el edificio mantiene vigas de cimentación sin alguna alteración desde el año de su construcción. En año de construcción se escogió una valoración de “0”, es un edificio construido en el año 2013 y tuvo su reconstrucción después del sismo del año 2016. En altura del edificio se escogió una valoración de “0”, el edificio en su reconstrucción mantiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de

inundación más la altura de un piso. En sistemas del suelo se escogió una valoración de “3”, la losa a nivel no estructural aislada de vigas y cimientos.

Edificio Agua Marina

El edificio Agua Marina se encuentra en la Av. Simón Bolívar y Calle Sergio Plaza, con una altura total de 27 m cuenta con un total de 9 pisos con una altura de 3.00 m todos sobre el nivel del terreno incluido un parqueadero. Con un área aproximada de construcción de 320 m² de uso residencial, fue construido en el año 2001, y actualmente se encuentra desocupado y en reforzamiento.

Figura 105

Edificio Agua Marina



Tabla 42:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Agua Marina

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			4	2
5	Losas	0			0
6	Configuración en Planta	0			0
7	Configuración en Elevación		11		11
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad	0			0
10	Elementos no Estructurales	0			0
11	Estado de Conservación		10		10
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
			Sumatoria		34

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

Tabla 43:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Agua Marina

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
2	Material de paredes		6		7,2
3	Tipo de cubierta		6		7,2
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación	0			0
8	Característica suelo bajo edificado		6		6
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción		6		6
			Sumatoria		36,6

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

Presenta un conjunto resistente compuesto de columnas circulares de sección gruesa y reforzadas con acero, vigas descolgadas de hormigón armado y marcos próximos a ser reforzados con diagonales de acero. Estructura con hormigón superior a los 24 Mpa y reforzado con acero estructural que a simple vista no muestra manchas de corrosión. Emplea mampostería confinada en paredes.

Columnas en proceso de reforzamiento con camisas de acero estructuras y diagonales de acero para resistir las fuerzas cortantes presentes en un evento sísmico. Cimentado sobre un perfil de suelo entre tipo C y D susceptible a producirse el fenómeno

de amplificación de ondas sísmicas. A pesar del mejoramiento, el comportamiento bajo incrementa la vulnerabilidad de esta zona.

Losa aliviada bidireccional sobre vigas descolgadas que mantiene una forma cuadrada sin aberturas exageradas y sin pisos intermedios de otras construcciones que puedan llegar a dañar la edificación. Mantienen una forma regular en planta en todos sus pisos, a pesar de ser un edificio esquinero no existe edificaciones aledañas que puedan provocar problema de edificio abierto, el primer piso tiene una altura un poco mayor al resto de pisos además que no presenta paredes que puedan mejorar su rigidez en relación a los pisos superiores.

Se presume que sus nudos están bien diseñados, las vigas centradas con respecto a las columnas, a un nudo interior llegan 4 vigas y reforzamiento es simétrico cubriendo zonas necesarias para aumentar la rigidez de la estructura. No se observó elementos de baja ductilidad como columnas o vigas cortas que son vulnerables a sufrir daño, además, no existe presencia de elementos no estructurales como aires acondicionados exteriores, antenas u otros elementos que resulten peligrosos. Su estado de conservación es bueno, la pintura se encuentra desgastada y unas pequeñas manchas de humedad, esto debido a que se encuentra en reforzamiento haciendo presumir que una vez terminados los trabajos esta se encontrara en un estado de conservación muy bueno.

Luego del sismo del 2016 se encuentra en reforzamiento, en los que se observa encamisados de acero en columnas, vigas metálicas acopladas y diagonales de acero respectivamente.

Figura 106*Reforzamiento Edificio Agua Marina*

El edificio se encuentra perpendicular al flujo de tsunami, además que siendo una estructura rectangular el lado más largo será el que recibirá el impacto de la ola haciendo que las fuerzas tengan un efecto mayor. Sus accesos son amplios tanto por el parqueadero como la entrada principal y podrán estar parcialmente restringidos en situaciones normales, pero para emergencias estarán totalmente habilitados para una posible evacuación. En cuanto a las escaleras por estas puede transitar un máximo de 3 personas.

Ubicada en calles con un tráfico alto debido a que se encuentra en un área residencial cercana a la playa del Pacífico, alejada de puntos peligrosos como estaciones de servicio u otras que puedan generar escombros o resulten fuente de amenaza para la estabilidad de la estructura.

Cuenta con la altura de 27 m superior a los 6 m que es la necesaria para una posible evacuación vertical debido que se encuentra sobre la altura máxima de inundación que se prevé. Además, con un sistema de suelo que podrá resistir de buena forma el efecto de flotabilidad.

Edificio El Pirata

Este edificio fue construido en el año de 1993, se encuentra ubicado en las calles Cincinato Estrada y J. P. Montúfar, cuya área de construcción es de 446,00 m² con una altura de entrepiso de 2.40 m y con una altura total de 14.40 m que es superior a la altura máxima de inundación. La edificación cuenta con 6 pisos todos sobre el nivel del suelo distribuidos en: planta baja para estacionamientos y mezanine, primer piso a quinto piso destinados a departamentos y un pent-house en la última planta.

Figura 107

Edificio El Pirata



Tabla 44:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Agua Marina

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			4	2
5	Losas		3		3
6	Configuración en Planta		6		6
7	Configuración en Elevación	0			0
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad	0			0
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación	0			0
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
			Sumatoria		12

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

Tabla 45:*Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio El Pirata*

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Sistema estructural			12	14,4
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos	0			0
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0
				Sumatoria	58,2

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

La edificación comienza con una losa de cimentación de altura 0.70 m asentada sobre un suelo entre Tipo C y D sin inclinaciones, continua con columnas cuadradas de gran tamaño, vigas ligeramente descolgadas y losas planas alivianadas, no existe la presencia de muros estructurales, todos los elementos de hormigón armado tienen una resistencia a la compresión de 240 kg/cm². Su mampostería es de bloque hueco vibro prensado para paredes exteriores e interiores.

Durante la evaluación se observó que la estructura fue reforzada después del terremoto del 16 de abril de 2016, no existe la presencia de columna corta o viga corta en ninguna de las plantas, se tiene la sospecha de que es un edificio abierto debido a las irregularidades en planta que tiene y no muestra irregularidades considerables en elevación, posee escaleras continuas desde el primer piso hasta el pent-house con un ancho máximo para la circulación de 2 personas al igual que la entrada principal y se encuentra separada totalmente de construcciones vecinas.

Figura 108

Escaleras Continuas



Figura 109

Entrada Principal



Debido a la orientación del edificio el lado más largo se encuentra direccionado hacia el Océano Pacífico, por lo cual este lado será el que reciba directamente el impacto del tsunami. No cuenta con escaleras de emergencia exteriores que permitan una evacuación vertical óptima.

La edificación se encuentra alejada de puntos peligrosos que puedan comprometer a la estructura, las calles presentan una circulación alta de vehículos debido a que la vía principal está compuesta por dos carriles de doble sentido, además por estar frente a la playa del Océano Pacífico las personas estacionan sus vehículos lo que podrían convertirse en objetos peligrosos tanto para las personas como para los edificios debido al arrastre de las olas que se producen durante un tsunami.

Edificio Torre Sol

Edificio ubicado en la Calle Montufar y calle Estrada, cdla. norte cuenta con 8 pisos todos sobre el nivel del terreno con un área de edificación de aproximadamente 190 m² y su uso es residencial. Construido en el 1990.

Figura 110*Edificio Torre Sol***Tabla 46:***Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Torre Sol*

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Organización del Sistema Resistente		6		6
2	Calidad del Sistema Resistente		10		5
3	Resistencia Convencional		11		11
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas		5		5
6	Configuración en Planta			12	12
7	Configuración en Elevación		20		20
8	Conexión de elementos Críticos	1			0,75

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
9	Elementos de baja ductilidad		8		8
10	Elementos no Estructurales		6		1,5
11	Estado de Conservación	5			5
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo		17		17
			Sumatoria		93,25

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

Tabla 47:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Torre Sol

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural	2			2,4
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos			12	6
6	Año de construcción	5			5
7	Estado de Conservación		10		5
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
10 Forma de la construcción	5			5
		Sumatoria		64,2

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

El edificio Torre Sol respecto a la evaluación de vulnerabilidad sísmica se calificó considerando en primer lugar la organización del sistema resistente con una valoración de 6 ya que es una 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 esta estructura tiene muros de mampostería como elementos resistentes.

Figura 111

Viga ligeramente descolgada



Figura 112

Columnas de dimensiones que parecen ser apropiadas



Figura 113

Muros de mampostería para ascensor



También se considera la calidad del sistema resistente con una valoración de 10 ya que la estructura no tiene buen hormigón, la resistencia es menor a 24 MPa. No se observan zonas de “hormiguero”, se ve un hormigón de buena calidad. Los aceros utilizados son varillas corrugadas y por la información disponible en las columnas había hierros con oxido, pero se realizó un arreglo el cual consistió en cubrir las columnas con láminas de acero para evitar que estas exploten debido al oxido. Por otra parte, se ve que la mampostería utilizada es de mediana calidad, respecto a la resistencia convencional

con una valoración de 11 ya que según la información proporcionada este edificio reforzado con láminas de acero y se cambió algo de mampostería dañada pero no del todo, debido a que fue evaluado no hace mucho tiempo según la información la relación entre la capacidad que tiene la estructura para resistir las fuerzas sísmicas y la Demanda hallada por medio del cortante basal muestra un valor medianamente aceptable.

Figura 114

Columna con láminas de acero



En lo que respecta a la posición del edificio y cimentación con una valoración de 4 ya que en Bahía un aspecto importante es el suelo (amplificación de las ondas sísmicas) la metodología italiana le da un valor bajo al rubro de cimentación, se considera las losas con una valoración de 5 ya que se trata de una losa con espesor mayor a 10 cm la cual está conformada de vigas banda y vigas descolgadas, La relación entre lado largo a lado corto es menor que 1.5, es losa plana sobre columnas.

Se determina la configuración en planta con una valoración de 12 ya que tiene una protuberancia mayor al 10% de la longitud en el sentido de la protuberancia y la

configuración en elevación con una valoración de 20 debido a que posee un piso superior de menor área y no cumple con la condición indicada para Clase C, se considera la conexión de elementos críticos con una valoración de 1 se observa que a un nudo interior llegan cuatro vigas y viendo el nudo se presume que fue bien diseñado.

Figura 115

Piso superior de menor área



En lo que respecta a elementos de baja ductilidad se tiene una valoración de 8 ya que se tiene un caso de columna corta pero no es tan crítico, pero no se tiene el caso de viga corta y con el resto se construyó siguiendo lo prescrito por el código ACI 318 para zonas sísmicas, se considera los elementos no estructurales con una valoración de 6 ya que presenta alguno que otro elemento de los indicados en Clase A, en otros elementos 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

Figura 116

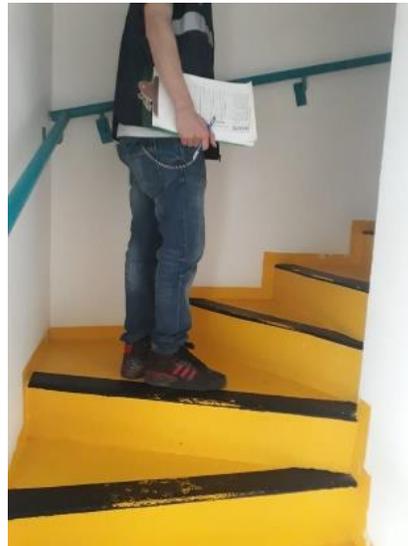
Sospecha de columna Corta



Respecto al estado de conservación se tiene una valoración de 5 ya que es una construcción que está bien pintada, pero presenta ciertas fallas en algunos lugares, no se observa manchas de humedad, en las paredes, no existen fugas de agua o acumulación de agua en las losas por sumideros tapados, no hay ningún vidrio está roto, existe fallas en la mampostería, pero solo de un apartamento, al considerar si la estructura ha sido reforzada luego de un sismo con una valoración de 17 ya que es una estructura que fue afectada por un terremoto, pero fue evaluada y reforzada con láminas de acero en las columnas, también en la estructura se observan fisuras en elementos no estructurales, pero solo en un piso.

Figura 117*Fallas en mampostería*

El edificio Torre Sol respecto a la evaluación de vulnerabilidad ante tsunami se calificó considerando en primer lugar la orientación del edificio con una valoración de 2 ya que es un edificio rectangular con la dirección larga tendiendo a ser orientada paralela al flujo, en lo que respecta a los accesos entrada con una valoración de 12 (la más baja) ya que no dispone de acceso y puesta en funcionamiento inmediato (acceso libre) para toda la población debido a que es una propiedad privada y para los accesos escaleras con una valoración de 12 ya que tiene escaleras interiores con dimensiones insuficientes (2 o menos personas a la vez) para la evacuación vertical.

Figura 118*Dimensión de escalera*

Se considera la ubicación del edificio puntos de peligro con una valoración de 0 ya que no se encontraban estructuras o puntos peligrosos tales como depósitos de combustibles, patios de contenedores y puertos a una distancia menor a 200 metros y para la ubicación del edificio calles y avenidas con una valoración de 12 debido a que las calles y avenidas cercanas al edificio son de alta circulación vehicular. Respecto al sistema estructural con una valoración de 5 ya que los marcos resistentes a momentos de son hormigón armado y para el sistema de cimentación una valoración de 10 debido a que según la información proporcionada el edificio está construido con vigas de cimentación.

Consideramos el año de construcción con una valoración de 12 ya que es un edificio antiguo mayor a 15 años de construcción y para la altura del edificio una valoración de 0 ya que el edificio tiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso, por último, en lo que respecta a los sistemas de

suelo con una valoración de 5 ya que posee una losa a nivel no estructural aislada de vigas, cimientos y columnas de nivel.

Edificio S-N Dañado

Este edificio se encuentra en la avenida Bolívar y Estrada, no se pudo observar ningún nombre ya que este estaba abandonado y en muy mal estado. Este cuenta con 6 pisos desde el nivel natural del terreno, sin subsuelos. La altura de entrepiso aproximada es de 2.8 metros con un área de construcción de alrededor de 100 metros cuadrados, se desconoce el año en el que fue construido pero de acuerdo con lo pronunciado por los moradores cercanos este tenía un uso de departamentos pero luego del terremoto de abril del 2016 este quedo muy dañado a nivel de mampostería y se sospecha también de daño a nivel estructural por lo que representa un gran riesgo para aquellos que se encuentran alrededor por un posible desplome de este edificio, varios vecinos nos han pedido que se hable con las autoridades respectivas para que puedan tomar medidas ya que los dueños de este edificio no se han pronunciado y lo han abandonado por completo, convirtiéndose en un centro de reuniones clandestinas en el que ladrones, consumidores y hasta un caso de violación se ha registrado en este edificio.

Figura 119*Edificio sin nombre y abandonado***Tabla 48:***Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio S/N Dañado*

	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		15		15
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas			6	6
6	Configuración en Planta		6		6
7	Configuración en Elevación		11		11

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			20	20
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo				
			Sumatoria		90,25

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

Tabla 49:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio S/N Dañado

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos		10		5
6	Año de construcción			12	12
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado			12	12

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0
				Sumatoria	68

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

En cuanto a la organización del sistema resistente este edificio se sospecha no fue diseñado con las dimensiones adecuadas debido al daño que se puede observar luego del sismo del 16 de abril, se puede observar fácilmente que las dimensiones y distribución de las columnas no son las adecuadas y que cuenta con vigas perdidas en la losa lo que es poco recomendado en este tipo de edificaciones, la configuración en planta de este edificio presenta un problema de salientes o protuberancias de dimensiones medianas en cuanto a la configuración en elevación es regular, la conexión de elementos viga-columna se podía observar a algunos elementos llegar solo 3 vigas y se presume que no fueron diseñados, también se pudo observar casos de viga corta. Este edificio no cuenta con elementos no estructurales, pero en cuanto al parámetro de si ha sido reforzada luego de un sismo tiene la calificación más baja, de C, debido a su evidente y lamentable estado.

Figura 120

Hormigueros y daño en columnas



Pensar en este edificio como una opción para evacuar verticalmente es una lejana idea, ya que, aunque no está en primera línea de impacto y no esté cercano a un lugar peligroso, este mismo es considerado un punto peligroso para las edificaciones aledañas. No cuenta con gradas ni accesos adecuados, se encuentra en una calle transitada, este edificio tiene alrededor de 17 metros de altura, y el 130 por ciento de la altura máxima de ola más una altura de entrepiso da un resultado de 10.6 metros, tiene la altura adecuada mas no se recomienda en ningún caso utilizar este edificio antes bien se recomienda evaluarlo a profundidad y en el mejor de los casos darle un reforzamiento estructural o derrocarlo, se presume la falta de presupuesto y de interés de los dueños de este edificio para reforzarlo así como también para demolerlo.

Figura 121

Vigas perdidas en losa y daño estructural



Edificio Dos Hemisferios

Al edificio residencial Dos Hemisferios se le realizaron algunos cambios inmediatamente luego del sismo del año 2016, pero su construcción data del año de 1990. Está ubicado en las calles Nuevo Malecón y calle Salinas, rotonda sur de Bahía de Caráquez, posee un número total de 10 pisos, de los cuales todos los pisos se encuentran sobre el nivel del terreno, la altura de entrepiso es de 2.50 m, el área de la edificación a pesar de su reconstrucción se mantiene en 1720 m².

Figura 122

Edificio Dos hemisferios



Tabla 50:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Dos Hemisferios

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente	0			0
2	Calidad del Sistema Resistente	3			1,5
3	Resistencia Convencional		11		11
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas	0			0
6	Configuración en Planta		6		6
7	Configuración en Elevación		11		11
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad	3			3
10	Elementos no Estructurales		4		1

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
11	Estado de Conservación		10		10
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	5			0
			Sumatoria		45,5

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

Tabla 51:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Dos Hemisferios

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entepiso		6		3
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	$W_i \cdot K_i$
				Sumatoria
				57

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

En organización del sistema resistente se escogió una valoración de “0” puesto que la estructura posee muros de corte y está formado por columnas gruesas bien estructuradas y rígidas.

Figura 123

Columnas y muros de corte edificio Dos hemisferios



En calidad del sistema resistente se escogió una valoración de “3” por su buena calidad en el hormigón, puesto que su resistencia es de 24 MPa. Se pudo observar en las

columnas, vigas y losas no tuvieron ninguna afectación estructural luego del terremoto del año 2016, además en su construcción se utilizó varillas corrugadas de buena calidad que en la actualidad no han desarrollado oxido.

Figura 124

Vigas y losas sin afectaciones luego del terremoto del año 2016



En resistencia convencional se escogió una valoración de “11”, originalmente la estructura se diseñó en base a la capacidad de corte de sus elementos, luego del terremoto del año 2016 se observó que sus elementos estructurales no sufrieron daño, pero sí la mampostería en los pisos inferiores, por lo que en su posterior reconstrucción se realizaron cambios, se cambió el ladrillo por gypsum y se realizó encamisado de vigas y columnas con perfiles de acero para aumentar su resistencia estructural. En posición del edificio y cimentación se escogió una valoración de “4”, la cimentación fue realizada con pilotes y vigas de cimentación sin embargo el tipo de suelo se puede considerar como tipo “C” ó “D”. En losas se escogió una valoración de “0” debido a que todas las losas se

encuentran sobre vigas descolgadas, las losas poseen regularidad en planta y no poseen aberturas en su área de cada planta. En configuración en planta se escogió una valoración de “6” debido a la sospecha de que es un edificio abierto y protuberancias menores al 10% en cada planta. En configuración en elevación se escogió una valoración de “11” por no poseer pisos blandos, además se puede apreciar la rigidez de los pisos inferiores es mayor que la rigidez en pisos superiores. En conexión de elementos críticos se escogió una valoración de “0”, se encontró vigas que no estaban centradas con las columnas entonces se presume que los nudos interiores no fueron bien diseñados. En elementos de baja ductilidad se escogió una valoración de “3”, no se tiene el caso de viga o columna corta por lo que se presume que se construyó siguiendo lo prescrito en el código ACI 318 para zonas sísmicas. En elementos no estructurales se escogió una valoración de “4”, presenta cielos rasos falsos, repisas con materiales que pueden voltearse y aire acondicionado apoyados en las paredes. En estado de conservación se escogió una valoración de “10”, se observó algunas manchas de humedad en las paredes en las últimas plantas y planta baja, pero se estima que el descuido en el mantenimiento es menor.

Figura 125

Manchas planta baja Edificio dos hemisferios



En estructura ha sido reforzada luego de un sismo se escogió una valoración de “5”, la estructura fue afectada por el terremoto del año 2016 pero mantiene su capacidad estructural por sus múltiples reparaciones y reforzamientos en los elementos estructurales y en especial, cambios en la mampostería.

En orientación del edificio se escogió una valoración de “6”, es un edificio de características rectangulares y se encuentra orientado perpendicular al flujo de ola de tsunami que vendría del Océano Pacífico, en su dirección largo/ancho menor a 1.50. En accesos “entrada” se escogió una valoración de “12”, el edificio mantiene una sola entrada con dimensiones insuficientes con dificultad de acceso. En accesos “escaleras” se escogió una valoración de “12”, las escaleras interiores no mantienen continuidad vertical y sus dimensiones son insuficientes (2 o menos personas a la vez).

Figura 126

Escaleras Edificio dos hemisferios



En ubicación del edificio “puntos peligrosos” se escogió una valoración de “6”, el edificio se encuentra a una distancia cercana del puerto. En ubicación del edificio “calles y avenidas” se escogió una valoración de “6”, el edificio se encuentra frente a una calle con posible alta circulación en condiciones normales, con espacios destinados para parqueaderos. En sistema estructural se escogió una valoración de “0”, los marcos del edificio son resistentes a momentos y los muros de corte de hormigón armado fueron diseñados para requisitos sísmicos más altos. En sistema de cimentación se escogió una valoración de “6”, el edificio mantiene vigas de cimentación sin alguna alteración desde el año de su construcción. En año de construcción se escogió una valoración de “12”, es un edificio construido en el año 1990 pero tuvo su reconstrucción después del sismo del año 2016. En altura del edificio se escogió una valoración de “0”, el edificio en su reconstrucción mantiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación más la altura de un piso. En sistemas del suelo se escogió una valoración de “0”, la losa a nivel no estructural aislada de vigas y cimientos.

Edificio Sucre

El edificio Sucre se encuentra en la calle Abdón Calderón y Calle Checa, una altura total de 30.8 y alturas de entrepiso de 2.80 m, con un total de 11 pisos distribuidos en 2 pisos de parqueaderos bajo el nivel del terreno y 9 sobre el nivel del terreno. Construido en 1990, con un área aproximada de 230 m² y de uso residencial actualmente en funcionamiento.

Figura 127

Edificio Sucre



Tabla 52:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Sucre

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente	0			0
2	Calidad del Sistema Resistente		6		3
3	Resistencia Convencional		11		11
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas	0			0
6	Configuración en Planta	0			0
7	Configuración en Elevación		11		11
8	Conexión de elementos Críticos	0			0
9	Elementos de baja ductilidad	0			0
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación		10		10
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo		11		11
			Sumatoria		49

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

Tabla 53:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Sucre

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes		6		7,2

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
3	Tipo de cubierta		6		7,2
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación	0			0
8	Característica suelo bajo edificado		6		6
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0
			Sumatoria		30,6

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

Cuenta con un sistema resistente de pórticos a momento con columnas de secciones gruesas y vigas descolgadas. Se presume dado el año de construcción que el hormigón utilizado esta entre los 18 y 24 Mpa, se ve que la mampostería es de buena calidad y confinada. Sistema de columnas con secciones adecuadas para resistir el cortante producido por el sismo.

Está ubicado en un perfil de suelo entre tipo C y D sobre un terreno con una pendiente menor al 15% se presume que no fue mejorado el suelo donde se encuentra cimentado y es propenso a sufrir efectos de sitio en esta zona.

Cuenta con losas alivianadas sobre vigas descolgadas. Regular en planta con pequeñas protuberancias correspondiente a balcones con forma ovoide, sin problemas

de edificio al encontrarse separado de construcciones vecinas. Alturas de pisos similares a 2.80 diferente en el primer piso sobre el nivel del terreno pudiendo tener un problema de piso blando. Elementos vigas y columnas se encuentran bien diseñados y centrados llegando a un nudo interior 4 vigas. No se observan problemas de viga o columna corta.

Presenta elementos no estructurales que pueden poner en peligro a las personas como ejemplo en la entrada existe una visera que no ha tenido un mantenimiento pudiéndose observar que el recubrimiento se ha desprendido y el acero esta visible. En general el estado de conservación es bueno, presenta pocas manchas de humedad, se observa el deterioro de la pintura, todas las puertas cierran, la vidriería está en buen estado y por la información proporcionada, el edificio no ha sido reforzado.

Figura 128

Elementos no Estructurales



El edificio está orientado con su dirección larga perpendicular al flujo del tsunami. Los accesos son exclusivos para personas propietarias de los departamentos al igual que la puerta del parqueadero, por sus escaleras pueden circular un máximo de 3 personas. Alejado de cualquier punto peligroso y con un tráfico con probabilidad de ser alto en las vías aledañas.

Cuenta con la altura de 30.8 m que es la suficiente ya que el 130 por ciento de la altura máxima de inundación más un nivel de entrepiso da una altura de 10.6 metro por lo que cumple para evacuación vertical y junto a esto la cota del terreno es de 4 msnm superior al resto de edificios aledaños que se encuentran al nivel del mar.

Edificio Horizonte

Esta edificación se encuentra ubicado en las calles Checa y Abdón Calderón, ocupando un área aproximada de 220.00 m² con una altura de entrepiso de 2.60 m y una altura total de 29.10 m superior a la altura máxima de inundación. El edificio está conformado por 10 pisos todos sobre el nivel del suelo distribuidos de la siguiente manera: plata baja para estacionamientos, primer piso área social y área de piscina, los pisos superiores destinados a departamentos y el último piso un pent-house.

Figura 129

Edificio Horizonte



Tabla 54:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Horizonte

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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			4	2
5	Losas			6	6
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

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación		10		10
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo	0			0
			Sumatoria		19

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

Tabla 55:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Horizonte

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural	0			0
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	0			0

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
				Sumatoria
				46,8

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

Es un edificio de hormigón armado asentado sobre un suelo entre Tipo C y D con una pendiente superior al 15%, los elementos estructurales están conformado por losas alivianadas y vigas ligeramente descolgadas, con columnas cuadradas formando pórticos resistentes a momentos y cuenta con algunos muros estructurales, todos los elementos estructurales tienen una resistencia a la compresión del hormigón de 240 kg/cm². Su mampostería es de bloque hueco vibro prensado y tiene con recubrimiento mortero arenacemento.

Figura 130

Muros de contención



Durante la evaluación se observó que la estructura fue reforzada después del terremoto de Pedernales del 16 de abril de 2016, no existe la presencia de columna corta o viga corta en ninguna de las plantas, se tiene la sospecha de que es un edificio abierto debido a las irregularidades en planta que tiene y no muestra irregularidades considerables en elevación, posee escaleras continuas desde el primer piso hasta el penthouse con un ancho máximo para la circulación de 2 personas al igual que la entrada principal y se encuentra separada totalmente de construcciones aledañas.

Figura 131

Irregularidades de la Edificación

**Figura 132**

Entrada Principal y Vehiculares



Debido a la orientación del edificio el lado más corto se encuentra direccionado hacia el Océano Pacífico, por lo cual este lado será el que reciba directamente el impacto del tsunami. No cuenta con escaleras de emergencia exteriores que permitan una evacuación vertical óptima.

La edificación se encuentra alejada de puntos peligrosos que puedan comprometer a la estructura, las calles presentan una circulación baja de vehículos debido a que se encuentra alejado de la vía principal y las playas del Océano Pacífico.

Edificio Las Brisas

Edificio ubicado en la Av. 3 de noviembre cuenta con 11 pisos todos sobre el nivel del terreno con un área de edificación de aproximadamente 285 m² y su uso es residencial. Construido en el 1994.

Figura 133

Edificio Las Brisas



Tabla 56:*Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Las Brisas*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente			12	12
2	Calidad del Sistema Resistente			12	6
3	Resistencia Convencional			22	22
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas			6	6
6	Configuración en Planta		8		8
7	Configuración en Elevación		11		11
8	Conexión de elementos Críticos			6	4,5
9	Elementos de baja ductilidad			12	12
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación			20	20
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo			22	22
			Sumatoria		126,5

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

Tabla 57:*Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Las Brisas*

	Parámetro	Clase			Total Wi*Ki
		A	B	C	
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta			12	14,4
4	Tipo de entrepiso	0			0
5	Número de pisos			12	6
6	Año de construcción	5			5
7	Estado de Conservación			12	6
8	Característica suelo bajo edificado			12	12
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción		8		8
			Sumatoria		73

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

El edificio Las Brisas respecto a la evaluación de vulnerabilidad ante tsunami y a la evaluación de vulnerabilidad sísmica se calificó considerando que debido al terremoto de 2016 fue cerrado para su uso y puesto bajo observación, según lo que se pudo evidenciar el edificio estaba muy deteriorado y se le calificó con puntuaciones bajas en ciertos parámetros con esto se llegó a la conclusión de que, si nos atenemos a la realidad, su índice de vulnerabilidad es superior a 80.

Figura 134

Edificio cerrado para observación

**Edificio Centinela**

El edificio Centinela cuenta con dos frentes o calles de acceso, el primero se encuentra ubicado en la avenida Ascázubi y Riofrío y su segundo frente en la avenida Checa frente al océano pacífico. Este edificio tiene un total de ocho pisos, siete de ellos están sobre el nivel natural del terreno y cuenta con un subsuelo que es usado entrada, jardines y una piscina. El área aproximada de este edificio tomando en cuenta las áreas no construidas es de aproximadamente 1200 metros cuadrados, este fue construido en el año de 1990 y tiene un uso exclusivo de departamentos familiares.

Figura 135*Edificio Centinela***Tabla 58:***Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Centinela*

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
1 Organización del Sistema Resistente	3			3
2 Calidad del Sistema Resistente	0			0
3 Resistencia Convencional	3			3
4 Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5 Losas	0			0
6 Configuración en Planta		6		6

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
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		26

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

Tabla 59:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Centinela

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural			12	14,4
2	Material de paredes		6		7,2
3	Tipo de cubierta		6		7,2
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos		6		3
6	Año de construcción	0			0
7	Estado de Conservación		6		3
8	Característica suelo bajo edificado	3			3

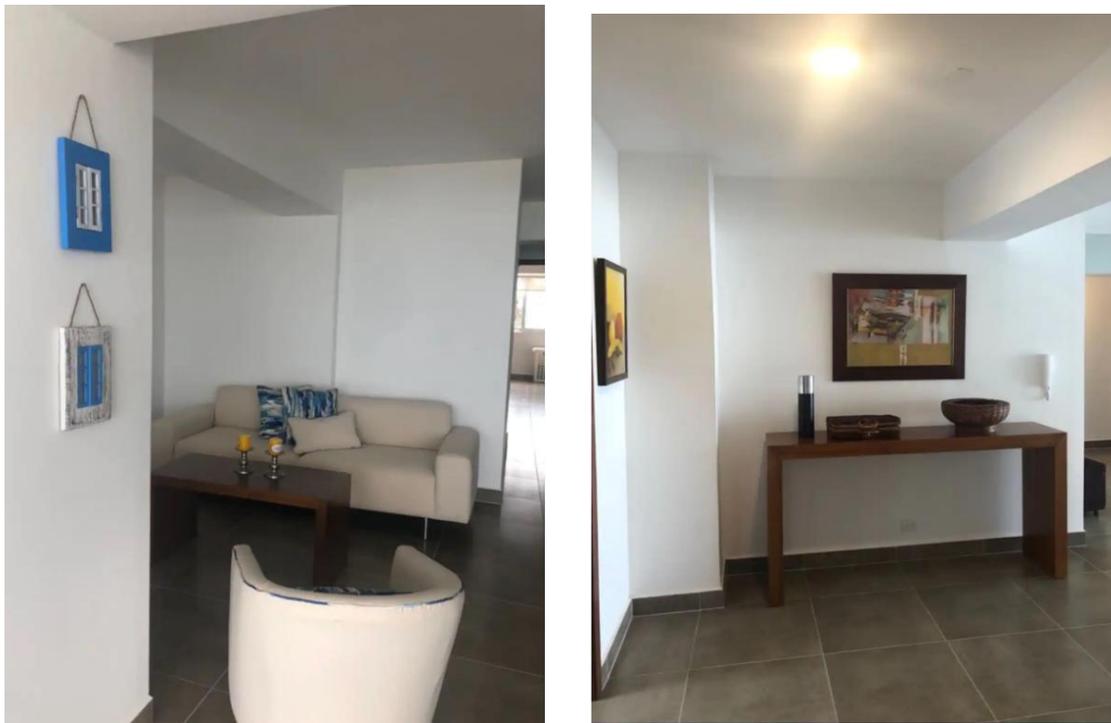
	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
9	Topografía del sitio	0			0
10	Forma de la construcción	3			3
				Sumatoria	40,8

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

En cuanto a la organización del sistema resistente este edificio cuenta con columnas y vigas descolgadas de grandes dimensiones al igual que con muros de corte, el hormigón con el que fue construido supera los 24 MPa y en ningún lugar se pudo observar hormigueros ni la sospecha de óxido en los hierros, las grandes dimensiones de sus elementos verticales tales como las columnas y muros de corte son suficientes para resistir las demandas de aceleración frente a los mismos, las losas con las que fueron construidas tienen una altura de compresión mayor a 10 centímetros en cuanto a la configuración que este edificio tiene en planta no se pudo observar que haya algún problema de edificio abierto y las protuberancias respecto a las losas continuas eran en principio irregulares pero con dimensiones no considerables por lo que se le ha dado una calificación de B en este parámetro. En lo que respecta a la configuración en elevación era una estructura casi regular, y no se tenían ningún problema concerniente a piso blando ya que la altura de entrepiso era la misma en todas.

Figura 136

Muro de corte y vigas descolgadas



Las conexiones entre los elementos columna, viga y muro viga se puede apreciar que fueron diseñados y no se encontraban descentrados respecto a la línea de ejes de vigas y columnas, no se pudo apreciar elementos de baja ductilidad como columnas o vigas cortas.

Figura 137*Conexión de elementos viga-columna*

Este edificio no tiene elementos no estructurales que puedan lastimar a las personas en caso de que haya un evento sísmico y estos se desprendan, el estado de conservación que tiene el edificio es muy bueno con cuidados y mantenimientos regulares. Esta estructura ha soportado dos sismos de gran magnitud el del año de 1998 de 7.2 que fue local y el de 7.8 del año 2016, este a su vez ha sido reforzado y ha sido evaluado por Procoms y a la vez por el municipio de Bahía, dando una buena apreciación del edificio

En lo que respecta a la evaluación frente a un tsunami este edificio tiene un lado negativo debido a la orientación que tiene este edificio ya que se encuentra justo en frente de la línea de impacto este edificio recibiría el impacto de manera frontal, siendo esta una de sus mayores desventajas al momento de evaluarla, pero también cabe resaltar que se encuentra alejado de la playa en longitud y latitud ya que este edificio está construido sobre rocas y se encuentra a una altura de alrededor de 3 metros de alto desde su planta baja.

Figura 138

Frente del edificio desde el segundo piso

**Figura 139**

Océano Pacífico frente a edificio Centinela



Los accesos para este edificio son varios teniendo dos frentes lo que lo hace muy accesible y en su interior se tienen gradas hasta para 3 personas máximo a la vez y se encuentra ubicado fuera del límite de sitios peligrosos, como almacenamientos de combustibles, puertos entre otros. Las calles frente a este edificio son amplias, pero a pesar de ello si tienen un flujo considerable en fechas de feriados, su calle posterior no es muy transitada. El edificio tiene zapatas y losas de cimentación y aunque fue construido hace 30 años este ha sido reforzado hace poco tiempo. El sistema del suelo, aunque tiene un piso bajo el nivel natural del terreno este mismo está al nivel la calle Checa osea que es un subsuelo abierto esto debido a que tiene dos frentes, y lo que nos asegura que no va a haber un empuje vertical debido a agua encerrada en un subsuelo cerrado.

Edificio Hotel Patricio's

El edificio Hotel Patricio's se encuentra cerrado permanentemente, su uso anterior al terremoto del año 2016 era turístico, su construcción data del año de 2013 en adelante. Está ubicado en las calles Salinas y Arenas esquina de Bahía de Caráquez, este posee un número total de 10 pisos, de los cuales todos pisos se encuentran sobre el nivel del terreno, la altura de entrepiso es de 2.40 m, el área de la edificación es de 710 m².

Figura 140*Edificio Hotel Patricio's***Tabla 60:***Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Hotel Patricio's*

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Organización del Sistema Resistente			12	12
2	Calidad del Sistema Resistente			12	6
3	Resistencia Convencional		16		16
4	Posición del Edificio y Cimentación			4	2
5	Losas			6	6
6	Configuración en Planta			8	8
7	Configuración en Elevación		11		11

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
8	Conexión de elementos Críticos			6	4,5
9	Elementos de baja ductilidad			10	10
10	Elementos no Estructurales		4		1
11	Estado de Conservación			18	18
12	Estructura ha sido reforzada luego de un sismo			22	22
				Sumatoria	116,5

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

Tabla 61:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Hotel Patricio's

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
1	Sistema estructural		6		7,2
2	Material de paredes			12	14,4
3	Tipo de cubierta		8		9,6
4	Tipo de entepiso	0			0
5	Número de pisos		8		4
6	Año de construcción			12	12
7	Estado de Conservación		7		3,5
8	Característica suelo bajo edificado		9		9

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
9	Topografía del sitio		11		16,5
10	Forma de la construcción		9		9
			Sumatoria		85,2

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

En organización del sistema resistente se escogió una valoración de “12” puesto que la estructura se la ve extremadamente flexible, con vigas banda y columnas de pequeña dimensión. En calidad del sistema resistente se escogió una valoración de “12”, se presume que la resistencia del hormigón es mucho menor a 18 MPa., existen zonas de “hormiguero” y mantiene armadura oxidada. En resistencia convencional se escogió una valoración de “16”, originalmente la estructura se diseñó en base a la capacidad de corte de sus elementos, pero sin tomar en cuenta la relación H/T, luego del terremoto del año 2016 se observó todos sus elementos estructurales sufrieron daño, en especial la mampostería, por lo que la edificación no es apta para su reconstrucción.

Figura 141

Daños por terremoto año 2016 en edificio Hotel Patricio's





En posición del edificio y cimentación se escogió una valoración de “4”, la cimentación fue realizada con pilotes y vigas de cimentación sin embargo el tipo de suelo se puede considerar como tipo “C” ó “D”. En losas se escogió una valoración de “6” debido a que todas las losas se encuentran sobre vigas banda, las losas poseen regularidad en planta, pero poseen aberturas en su área de cada planta. En configuración en planta se escogió una valoración de “8” debido a que se trata de un edificio abierto y protuberancias menores al 10% en cada planta. En configuración en elevación se escogió una valoración de “11” por no poseer pisos blandos, pero, tiene pisos de menor dimensión en los últimos pisos. En conexión de elementos críticos se escogió una valoración de “6”, se encontró vigas que no estaban centradas con las columnas entonces se presume que los nudos interiores no fueron bien diseñados, además de nudos interiores que solo llegan dos vigas. En elementos de baja ductilidad se escogió una valoración de “10”, se tiene el caso de viga o columna corta por lo que se presume que no se construyó siguiendo lo prescrito en el código ACI 318 para zonas sísmicas. En elementos no estructurales se escogió una valoración de “4”, presenta cielos rasos falsos, repisas con materiales que pueden voltearse y aire acondicionado apoyados en las paredes. En estado de conservación se escogió una valoración de “18”, el edificio no es habitable por los exagerados daños en su estructura. En estructura ha sido reforzada luego de un sismo se escogió una

valoración de “22”, se observa grandes fisuras en sus elementos estructurales y no estructurales, tuvo una afectación crítica debido al terremoto del año 2016.

En orientación del edificio se escogió una valoración de “6”, es un edificio de características rectangulares y se encuentra orientado perpendicular al flujo de ola de tsunami que vendría del Océano Pacífico, en su dirección largo/ancho menor a 1.50. En accesos “entrada” se escogió una valoración de “12”, no se permite el acceso a la edificación.

Figura 142

Ingreso no permitido al Hotel Patricio's



En accesos “escaleras” se escogió una valoración de “8”, las escaleras interiores no mantienen continuidad vertical y sus dimensiones son insuficientes (2 o menos personas a la vez). No se permite el acceso a las escaleras. En ubicación del edificio “puntos peligrosos” se escogió una valoración de “0”, el edificio se encuentra a una

distancia mayor a 200 metros del puerto donde no existen puntos peligrosos. En ubicación del edificio “calles y avenidas” se escogió una valoración de “8”, el edificio se encuentra frente a una calle ancha de baja circulación con espacios destinados para parqueaderos. En sistema estructural se escogió una valoración de “12”, el sistema estructural es metálico muy ligero. En sistema de cimentación se escogió una valoración de “7”, el edificio mantiene vigas de cimentación y se presume que tiene alguna alteración en su estructura. En año de construcción se escogió una valoración de “9”, es un edificio construido en el año 2013 pero no es habitable. En altura del edificio se escogió una valoración de “11”, el edificio en su reconstrucción mantiene una elevación superior al 130% de la altura máxima de inundación. Ingreso no permitido. En sistemas del suelo se escogió una valoración de “9”, se presume que la losa tiene defectos posteriores al terremoto del año 2016.

Edificio Torre Mariana

Edificio ubicado entre la calle Riofrío y Cevallos, una altura total de 15 m que tiene 5 pisos de altura de 3 m todos sobre el nivel del terreno con un área aproximada de 400 m², construido en el año de 1996, de uso residencial y actualmente en funcionamiento.

Figura 143

Edificio Torre Mariana



Tabla 62:

Resultados calificación vulnerabilidad sísmica edificio Torre Mariana

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
1 Organización del Sistema Resistente	0			0
2 Calidad del Sistema Resistente		6		3
3 Resistencia Convencional		11		11
4 Posición del Edificio y Cimentación		2		1
5 Losas	0			0
6 Configuración en Planta		6		6
7 Configuración en Elevación		11		11

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
8 Conexión de elementos Críticos	0			0
9 Elementos de baja ductilidad	0			0
10 Elementos no Estructurales		4		1
11 Estado de Conservación		10		10
12 Estructura ha sido reforzada luego de un sismo		11		11
		Sumatoria		54

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

Tabla 63:

Resultados calificación vulnerabilidad ante tsunami edificio Torre Mariana

Parámetro	Clase			Total
	A	B	C	Wi*Ki
1 Sistema estructural		6		7,2
2 Material de paredes		6		7,2
3 Tipo de cubierta		6		7,2
4 Tipo de entepiso	0			0
5 Número de pisos		6		3
6 Año de construcción	0			0
7 Estado de Conservación	0			0
8 Característica suelo bajo edificado			12	12
9 Topografía del sitio	0			0

	Parámetro	Clase			Total
		A	B	C	Wi*Ki
10	Forma de la construcción	0			0
			Sumatoria		36,6

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

La tipología estructural cuenta con columnas con dimensiones gruesas y vigas descolgadas, el hormigón utilizado se presume es mayor a los 18 Mpa, no existen indicios de que la armadura esté oxidada y se presume que la mampostería está confinada y es de buena calidad. El conjunto resistente a las fuerzas sísmicas cuenta con elementos columnas con secciones suficientemente competentes.

Figura 144*Organización del sistema resistente*

El perfil de suelo bajo la edificación esta entre un tipo C y D, con presencia de amplificación de ondas sísmicas, se presume que el terreno no fue mejorado. Las losas son alivianadas bidireccionales sobre vigas descolgadas con una forma de paneles cuadrados.

Presenta una irregularidad en planta con losas de diferente área, con sospecha de que es un edificio abierto y con balcones, en elevación cuenta con pequeñas irregularidades con pisos de diferentes dimensiones. Las vigas se encuentran centradas a las columnas, a una columna interior llegan 4 vigas. No presenta elementos de baja ductilidad como columna o viga corta.

Figura 145*Configuración en Planta*

Presenta elementos no estructurales que puedan comprometer la edificación como paneles y cornisas que puedan caer. Su estado de conservación en bueno con pequeñas manchas de humedad, la pintura se encuentra en buen estado, cabe destacar que sistemas como el de agua potable han sido cambiados por nuevos, y éstos van por fuera de la mampostería.

La edificación no ha sido reforzada después de los sismos de 1998 y 2016, solo se ha dado mantenimiento con pintura y se han reparado grietas y fisuras en la mampostería.

El edificio se encuentra perpendicular al sentido del flujo del agua, pero al mantener una relación baja largo versus ancho no tendrá un efecto mayor si la estructura tendiera a ser rectangular. Cuenta con dos accesos; por el parqueadero y por la entrada principal, ambos exclusivos para los ocupantes. Las escaleras permiten la circulación de 3 personas. Alejada de puntos peligrosos, sus calles aledañas mantienen una circulación moderada de vehículos.

La altura del edificio es de 15 m, suficiente para llevar a cabo una evacuación vertical y debido a su sistema de suelo no presentaría problemas de flotabilidad.

Evaluación de vulnerabilidad sísmica y tsunami de edificios existentes

El estado de propiedad, así como el uso, de todos los edificios evaluados es privado. Un alto porcentaje (96,15%) de los 26 edificios son de uso residencial, y solo uno de los edificios dañados el número 25 se utilizó anteriormente como hotel (Ilustración 146, 147). En cuanto al año de construcción, diecisiete (65,38%) de los edificios fueron construidos antes del terremoto de 1998, siendo 1990, 1993 y 1994 los años de construcción más recientes. Otros siete fueron construidos después del terremoto de 1998, y dos edificios más tienen menos de cinco años, por lo tanto, esos dos fueron construidos después del terremoto de (Mw 7.8) del 16 de abril de 2016. El área total de construcción de los 26 edificios suma más de 9000 metros cuadrados, mientras que el área promedio de construcción es de 367,4 metros cuadrados. La mayor área de construcción corresponde al edificio Dos Hemisferios (20) con 1720 m² seguido por el Centinela (24) con 1200 m² y el Ocean Bay Tower (15) con 710 m², una mayor área de construcción estaría relacionada con una mayor capacidad en caso de evacuación. En cuanto al número total de pisos, la mayoría de los edificios, un total de veinte, presentan ocho, nueve o diez pisos mientras que cuatro edificios tienen menos de siete pisos. Dos

edificios alcanzan once pisos. Solo dos de los 26 edificios tienen uno y dos pisos respectivamente debajo de la superficie.

En cuanto a la altura media de cada piso, la mínima es de 2,4 metros mientras que la máxima es de 3,5 metros. Siete edificios muestran una altitud media de 2,6 metros por piso, mientras que cuatro edificios alcanzan más de 3 metros por piso. Las alturas medias por piso más frecuentes son de 3 y 2,8 metros con nueve y cinco edificios respectivamente. 22 de los 26 edificios están ubicados en primera línea de playa y dentro del área de evacuación crítica e inmediata (Ilustración 20) Entre los 26 edificios evaluados, 4 de ellos presentan daños evidentes y estaban deshabitados y abandonados, mientras que 3 de ellos se encuentran en su última etapa de construcción en enero de 2021.

Figura 146

Edificios Analizados

Nota: A: Akuaba (1); B: Nautilus (2); C: Albatros (4); D: Spondylus (5); E: Capitán (8); F: Ocean Bay Tower (15); G: Torre Mariana (26); H: Dos hemisferios (20).

Figura 147*Edificios Analizados según IV*

Nota: A: Agua Marina (16); B: Sin nombre, dañado (19); C: Sucre (21); D: Horizonte (22); E: Las Brisas (23); F: Hotel Patricio´s (25).

El parque de edificios exhibe una vulnerabilidad sísmica general intermedia, ya que hay nueve estructuras resistentes con índice de vulnerabilidad ≤ 30 y representan aproximadamente 34,61% en términos del número total de edificios, mientras que los edificios altamente vulnerables con índice de vulnerabilidad ≥ 80 suma cinco de ellos.

Casi la mitad de las estructuras evaluadas (12 o el 46.15%) exhiben un índice de vulnerabilidad sísmica entre 30 y 80, por lo tanto, se necesita una evaluación adicional. El índice de vulnerabilidad mínimo sísmico I_v es 12 pertenecientes al edificio El Pirata Los valores más altos del índice de vulnerabilidad se obtienen, como se esperaba, por los cuatro edificios que ya están abandonados debido a los daños sufridos durante terremotos anteriores (Tabla 58). Dado que posiblemente podrían colapsar en futuros terremotos y ya que representan una amenaza para los edificios adyacentes y para los habitantes, estos cuatro edificios deben estar sujetos a una demolición controlada.

Tabla 64:

Resumen del índice de vulnerabilidad sísmica y tsunami (I_v)

N°	Edificio	Índice	Índice
		Sísmico	Tsunami
1	Akuaba	9.00	43.80
2	Nautilus	42.00	39.60
3	Torre Molinos	38.25	52.20
4	Albatros	28.25	34.20
5	Spondylus	43.50	52.80
6	Torre Mar	14.00	40.80
7	Mykonos	26.00	32.40
8	Capitán	43.25	58.50
9	Vista Mar	48.50	49.80
10	Neptuno	54.75	48.60
11	Punta Norte	105.25	72.00
12	El Faro	9.00	37.80

N°	Edificio	Índice	Índice
		Sísmico	Tsunami
13	Las Gaviotas	56.75	69.80
14	Cariló	18.00	20.40
15	Ocean Bay Tower	34.00	36.60
16	Agua Marina	34.00	36.60
17	El Pirata	12.00	58.20
18	Torre Sol	93.25	64.20
19	S/N Dañado	95.25	68.00
20	Dos Hemisferios	45.50	48.60
21	Sucre	49.00	30.60
22	Horizonte	19.00	46.80
23	Las Brisas	126.50	73.00
24	Centinela	26.00	40.80
25	Hotel Patricio's	116.50	75.60
26	Torre Mariana	54.00	36.60

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y de tsunami de los edificios propuestos.

Todos los edificios evaluados, excepto uno, exhiben un índice de vulnerabilidad a tsunamis entre 30 y 80, por lo tanto, requieren una evaluación adicional de la resistencia al tsunami o una adaptación a su estructura a fin de que pueda subir de categoría al bajar el índice de vulnerabilidad sísmica. Ninguno de las estructuras alcanza un índice de vulnerabilidad ≥ 80 . Solo uno de los 26 edificios está clasificado como una estructura resistente a tsunamis con un índice de vulnerabilidad ≤ 30 , siendo el edificio Cariló (14) con un valor de 20,4. Sin embargo, otros siete edificios indican índices de vulnerabilidad

a tsunamis por debajo de 38 que se acercan moderadamente a la categoría de resistencia a tsunamis (Tabla 64).

Por lo tanto, al evaluar en conjunto los índices de vulnerabilidad sísmica y de tsunami, solo un edificio se clasifica como resistente a ambos peligros y podría considerarse para la evacuación vertical en caso de impacto de tsunami. El edificio Cariló (14) es la única estructura con un I_v inferior a 30 tanto para las evaluaciones sísmicas como de tsunamis, lo que parece estar relacionado con una combinación de atributos que incluyen: Ser construido en 2015 siguiendo los estándares de construcción más estrictos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), por lo que no sufrió ningún daño estructural cuando fue golpeada por el terremoto de 2016 (NEC, 2015).

Figura 148

Mapa de las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad sísmica



Nota: Mapas que presentan las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad sísmica de los edificios evaluados. Verde: Estructura resistente con índice de vulnerabilidad ≤ 30 ; Naranja: se necesita una evaluación adicional con $30 < \text{índice de vulnerabilidad} < 80$ y rojo: estructura muy vulnerable con índice de vulnerabilidad ≥ 80

Figura 149

Mapa de las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad frente tsunamis



Nota: Mapas que presentan las tres categorías asignadas a la vulnerabilidad frente a tsunamis de los edificios evaluados. Verde: Estructura resistente con índice de vulnerabilidad ≤ 30 ; Naranja: se necesita una evaluación adicional con $30 <$ índice de vulnerabilidad < 80 y rojo: estructura muy vulnerable con índice de vulnerabilidad ≥ 80

Además, la dirección larga del edificio Cariló está orientada paralela a la dirección más potencial de la ola del tsunami entrante desde la costa del Pacífico, por lo que

experimentará fuerzas hidrodinámicas más pequeñas. Es uno de los pocos edificios evaluados que no está frente a la playa sino en una segunda línea de playa, y cuenta con una gran entrada desde una calle más ancha que la calle junto al estuario donde se encuentran los edificios del 6 al 12. En general, el edificio Cariló se encuentra en la zona crítica del tsunami (Ilustración 20 y 149) y podría servir para evacuar alrededor de 200 personas gracias a sus diez pisos de altura, y la amplitud de su área de construcción (600 m²).

Por otro lado, algunos de los edificios que fueron categorizados como sismorresistentes y exhiben vulnerabilidades de tsunami por debajo de 38 (Ver Tabla 54) indican una limitación consistente para la evacuación vertical en lo concerniente al acceso, tanto en lo que respecta a la entrada como a las escaleras. El tema del acceso está directamente relacionado con la propiedad privada y el uso, por lo que es necesario establecer acuerdos con los propietarios de estos edificios para permitir el acceso y una evacuación vertical eficiente. Si se implementan mejoras en el acceso, estos edificios podrían reducir drásticamente su índice de vulnerabilidad a tsunamis y estructurarse para ser más resistentes a los tsunamis convirtiéndose en refugios potenciales para la evacuación vertical. Dichas mejoras deben considerar la evolución de las capacidades y las tecnologías de construcción inteligente que podrían activar y permitir el acceso a una estructura de forma remota. Es vital definir de manera inequívoca la responsabilidad de abrir el refugio vertical y asignar personal adicional de respaldo de emergencia. (FEMA, 2019)

Además, proponemos adaptaciones físicas para mejorar la circulación vertical al nivel de refugio adecuado de la estructura, como la instalación de entradas suplementarias, rampas y escaleras. Para facilitar la construcción y proporcionar un acceso sin obstrucciones con alta visibilidad, la entrada auxiliar podría colocarse en el

exterior de la estructura (FEMA, 2019). Como opción adicional, la ciudad de Bahía de Caráquez debería considerar el diseño y construcción de un edificio público y accesible polivalente resistente a tsunamis en el área central de la zona crítica (Ilustración. 20) equidistante al sector montañoso y al edificio Cariló, que podría servir para evacuar a las personas que no pudieron llegar ni a los cerros ni al Cariló. 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 Bahía de Caráquez

Una vez que se han evaluado los 26 edificios tipo rascacielos en Bahía, haciendo un barrido total de todos los posibles refugios verticales en la zona, se ha podido tener un panorama del sistema resistente que tienen los edificios, se ha analizado sus atributos tsunami y sismorresistentes, y también identificado cuales edificios, luego de alguna adaptación, no al sistema estructural, más bien en lo relacionado con características que faciliten la evacuación vertical, puedan entrar en una categoría segura de tsunami y sismo resistencia y así aumentar el número de refugios.

Los edificios analizados en su mayoría tenían un buen sistema resistente y en algunos casos como son el edificio Akuaba, Albatros, Agua Marina, Torre Mar, el Faro, el Pirata, Mikonos, Horizonte y el Centinela, tienen un índice de vulnerabilidad sísmica bueno, que los categoriza como edificios seguros, pero debido a problemas de acceso y escaleras son descartados para servir como refugios de evacuación vertical, no debido a su falta de resistencia estructural frente a un tsunami o un sismo, sino más bien por su dificultad para acceder a una altura elevada en un tiempo optimo, es por esto que se ha hecho una selección de tres edificios que están en el límite de ser seguros frente a un tsunami según atributos dados por la (FEMA, 2019).

Las adaptaciones que se han propuesto para estas edificaciones están relacionadas con la mayor problemática que estos enfrentaron, siendo esta el difícil acceso a una altura segura para resguardarse de un tsunami. La FEMA nos menciona que Ocurrirá confusión y pánico si los evacuados llegan a un refugio y no pueden entrar. Deben adoptarse disposiciones para garantizar el acceso en caso de tsunami, al tiempo

que se proporciona la seguridad adecuada durante los momentos en que la instalación no está ocupada. Idealmente, un refugio de evacuación vertical debe configurarse de manera que sea siempre accesible o se pueda ingresar sin personal de emergencia (FEMA, 2019). Los disminuidos espacios para las entradas y escaleras hacen que esto sea un gran problema. Además de esto en algunos edificios el acceso a los mismos es imposible ya que al ser una propiedad privada solo tienen acceso los residentes de los mismos, hermetizando la ayuda que podría brindar esta estructura a aquellos que se encuentren a sus alrededores y que no puedan llegar a un sitio seguro a tiempo. Es por esto que se recomienda que el municipio de Bahía pueda charlar con los propietarios de los edificios y se contemple un plan de contingencia frente a un eventual tsunami, alentando e incluso motivando a los dueños de estos edificios a que abran sus puertas y brinden un acceso adecuado a quienes estén a sus alrededores.

Una de las propuestas que se harán en el presente capítulo es el de implementar unas escaleras de evacuación vertical como se propone en la FEMA que nos dice que es posible que sea necesario mejorar el acceso y la circulación vertical mediante la instalación de nuevas entradas, rampas y escaleras. Se puede instalar un acceso suplementario en el exterior del edificio para facilitar la construcción y una alta visibilidad (FEMA, 2019). La siguiente ilustración muestra un edificio en Kesenuma, Japón, que 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.

Figura 150

Edificio de cinco pisos en 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, tomado de (Fraser et al., 2012)

La implementación de unas gradas exteriores, que ayuden en la evacuación de las personas al edificio, hará que la calificación de este edificio pueda mejorar y entrar en una categoría de segura, según la evaluación que se hizo de tsunami resistencia. Se ha seleccionado cuatro edificios que tengan una calificación cercana a la categoría de segura, y que con la adaptación propuesta alcance esta misma. Este es el caso de los edificios, Albatros que tiene 9 pisos, el Faro también con 9 pisos, el Agua Marina con 9 pisos y el Centinela con 8 pisos, y que tienen un índice que vulnerabilidad frente a tsunamis igual a 34.2, 37.8, 36,6 y 40.8 respectivamente. Otro factor que se tomó en cuenta es que los edificios cuenten con espacio en el exterior para poder implementar las escaleras de evacuación, ya que puede presentarse el caso como el edificio Ocean Bay

Tower que tiene un índice de vulnerabilidad sísmica y frente a tsunami de 34 y 36.6 respectivamente, pero que posee una falta de espacio para colocar escaleras externas. Además, se ha considerado la distribución espacial de los edificios en la zona crítica de llegada del tsunami, de manera que el distanciamiento entre los edificios sea inferior a 800 metros. Por ello, los otros 4 edificios propuestos son: Albatros, el Faro, Agua Marina y Centinela, tales que con unas gradas exteriores que faciliten la evacuación vertical, entrarían en el rango de seguros y se los podría recomendar como refugios temporales frente a un tsunami.

Diseño de la escalera de evacuación vertical

Para la propuesta de escaleras se han tomado varios parámetros de diseño tomando como referencia la normativa CPE INEN, que se la utiliza para clasificar a una edificación según el uso que se le vaya a dar y dependiendo de esto el tipo de escalera del edificio. De acuerdo a la normativa la edificación se la clasifica como tipo D que se refiere a Edificios de habitación o uso colectivo como hoteles.

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, etc.

Con respecto a las escaleras deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- Cuando las escaleras sirvan hasta diez apartamentos, 25 cuartos de huéspedes o 20 locales de oficinas, deben tener un ancho de 1,20 m, ancho que debe aumentarse en 2 cm por cada apartamento adicional o por cada 5 cuartos de huéspedes u oficinas adicionales.

- Las escaleras deben ser de material incombustible, con ancho uniforme dentro de cada piso. Deben tener una huella mínima de 28 cm y pasamanos a ambos lados de cada tramo.
- Las escaleras pueden tener tramos curvos siempre que en la huella conserven las proporciones indicadas anteriormente para los escalones y que su ancho junto al borde interior no sea menor de 12 cm.
- Las escaleras deben conducir siempre a vestíbulos, galerías o pasajes de circulación

Elementos de la escalera

A continuación, se define algunos términos comúnmente utilizados para identificar las partes y elementos que conforman una escalera:

- *Contrahuella.* - Distancia vertical entre huellas consecutivas o entre el descanso y el siguiente escalón.
- *Huella.* - Superficie horizontal en donde se apoya el pie.
- *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

Según la normativa NTE INEN 2249 nos 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 de paso, y
- la altura de paso.

Para el uso de la escalera para personas con movilidad reducida, debe tomarse en cuenta las áreas de maniobra.

El ancho mínimo libre de paso para escaleras debe ser de 1 200 mm, 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.

b) 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.

c) 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;

Escaleras compensadas no pueden ser utilizadas en áreas con acceso al público.

Características para el diseño

Escaleras:

- a) Las huellas y contrahuellas de los peldaños deben ser uniformes a lo largo de los tramos;
- b) 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;
- c) Todas las huellas deben ser firmes y estables;
- d) Las superficies de deambulación deben ser antideslizantes, sin irregularidades que afecten a la superficie de contacto del pie;

- e) Los escalones aislados, sean uno o dos, deben ser fácilmente localizables para lo cual se debe utilizar sistemas de iluminación específicos o contraste con el color del piso terminado adyacente.

Pasamanos

- a) Se debe colocar pasamanos en los lados abiertos de una escalera;
- b) 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.

Para el caso de las escaleras, la altura será referida al borde del peldaño.

Estructura de la escalera

Para la fabricación de la escalera se han tomado dos elementos diferentes que son el soporte o estructura y los peldaños. La estructura debido a las solicitaciones que esta debe cumplir, se la puede fabricar en diferente material como: hormigón armado, acero o madera. Debido a las características mecánicas de cada uno de estos materiales nos ayudan a dar una solución estructural diferente, de esta manera se pueden combinar elementos tales como: losas y descansos de hormigón armado y zancas de acero o

madera y peldaños de hormigón armado o pretensado, o a su vez todos los elementos de un solo material.

Seguridad

El diseño de una escalera debe garantizar comodidad y seguridad para ello es importante tener en cuenta el material y acabado con el que se fabriquen los peldaños ya que la superficie de contacto entre el pie y la huella debe ser antideslizante para evitar resbalones, además la superficie debe ser totalmente plana sin irregularidades.

Materiales

Acero estructural

El acero estructural tiene alrededor del 0.2% de carbono en su aleación por ello se conoce como un acero de bajo carbono. Conforme incrementa el contenido de carbono disminuye su ductilidad, pero incrementa su esfuerzo de fluencia y su esfuerzo último.

El acero más comúnmente utilizado es el denominado A-36, que tiene un punto de fluencia de 36000 psi (2530 kgf/cm²), aunque modernamente la tendencia es hacia un acero de resistencia superior.

Ventajas

Alta resistencia. - La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras.

Uniformidad. - Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo, como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.

Durabilidad. - Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente.

Ductilidad. - Propiedad que tiene un material para soportar grandes deformaciones sin fallar bajo esfuerzos de tensión altos.

Desventajas

Corrosión. - La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al aire y al agua y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente.

Susceptibilidad al pandeo. - Cuanto más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, tanto mayor es el peligro de pandeo.

Fatiga. - Otra característica inconveniente del acero es que su resistencia se puede reducir si se somete a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo, o bien, a un gran número de cambios en la magnitud del esfuerzo de tensión.

Fractura frágil. - Bajo ciertas condiciones, el acero puede perder su ductilidad y la fractura frágil puede ocurrir en lugares de concentración de esfuerzos. Las cargas que producen fatiga y muy bajas temperaturas agravan la situación.

Hormigón

El hormigón es una piedra artificial formada al mezclar apropiadamente cuatro componentes básicos: cemento, arena, grava y agua.

Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes en la mezcla, y de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado.

Al implementar acero a esta mezcla de componentes se genera lo que se conoce como hormigón armado, el cual nos brinda ciertas ventajas y desventajas.

- Ventajas

Es un material al alcance de todos debido a que sus componentes son muy comunes y abundantes en nuestro medio

Se adapta a cualquier forma arquitectónica que se desea implementado en estructuras modernas.

Mantiene sus propiedades intactas lo que genera una larga durabilidad.

Su elevada capacidad para evitar deformaciones.

Las características que posee son: resistencia a la compresión, flexión corte y tracción, lo que lo hace un material muy seguro.

- Desventajas

Se necesita de grandes secciones para resistir el peso producto de los elementos estructurales y el uso destinado.

Es muy pesado y voluminoso.

Selección de características para el diseño

Basado en la normativa ya mencionada se han tomado las siguientes dimensiones y características para el diseño de la estructura.

De acuerdo a normativa mencionada donde nos recomienda que la huella mínima debe ser 28cm y la contrahuella máxima 18cm con el fin de garantizar comodidad y seguridad a las personas, se adopta una huella de 30cm y una contrahuella de 17 cm los cuales cumplen con la normativa. Para la comprobación de las dimensiones adoptadas aplicamos la siguiente expresión, donde verificamos que estamos dentro del rango permisible:

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

$$600 \text{ mm} \leq 2 (170) + 300 \leq 660 \text{ mm}$$

$$600 \text{ mm} \leq 640 \text{ mm} \leq 660 \text{ mm}$$

Para el ancho de la escalera se adopta el ancho de paso que nos recomienda la normativa que es de 1.20 m, que permite la circulación de 2 personas a la vez, y para el ancho del descanso se adopta la misma dimensión con el fin de mantener un espacio uniforme y no interrumpir la circulación de las personas.

	Dimensiones
Huella	0.30 m
Contrahuella	0.17 m
Peldaño	L=1.20 m a=0.30 m
Descanso	L=2.80 m a=1.20 m

Esta escalera al ser destinada para evacuación vertical con acceso público, se debe considerar que los tramos continuos sin descanso deben ser máximo de hasta 10 escalones, debido a la altura de entrepiso de esta edificación se van a diseñar tramos de 8 escalones, siendo este valor menor al máximo permisible.

Se considera pasamanos a ambos lados de la escalera ya que es destinada a uso público con una altura de 95cm medidos desde el piso ya terminado.

Selección de los materiales para el diseño

Al ser una escalera exterior a ser implementada en una edificación ya existente se opta por el diseño de elementos de acero debido a las características que este material posee. Los elementos a diseñar con este material serán: vigas, columnas y diagonales.

Los peldaños serán de estructura mixta conformados por un perfil de acero y hormigón armado para la conformación de la huella. Los descansos y la losa de cubierta de igual manera tendrán el mismo tipo de estructura con la única diferencia que se usarán losas con panel colaborante Deck.

Se ha seleccionado el hormigón como material para acabados de huellas y descansos debido a la resistencia que tiene a la intemperie y la rugosidad que este presenta, siendo así un material antideslizante.

Diseño de los elementos estructurales

Cargas y Combinaciones de carga

Las cargas y combinaciones de cargas serán definidas por la normativa de edificación aplicable. Para esto se tomó como referencia las cargas y combinaciones de cargas estipuladas en la NEC-15, la cual rige dentro del territorio ecuatoriano.

Las cargas y combinaciones de cargas son las siguientes:

- 1.4D
- $1.2D + 1.6L + 0.5\max(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1.2D + 1.6\max(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + \max(L \text{ or } 0.5W)$

- $1.2D + 1.0W + L + 0.5\max (Lr \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1.2D+1.0E+L+0.2S$
- $0.9D + 1.0W$
- $0.9D + 1.0E$

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 de los elementos estructurales nos basamos en la normativa ANSI/AISC 360, la cual nos sirve para aplicar al diseño de sistemas estructurales en acero o sistemas con acero estructural actuando en estructuras compuestas con concreto armado.

Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD)

El diseño de acuerdo con las disposiciones de Diseño por resistencia usando diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD) satisface los requisitos de esta especificación cuando la resistencia de diseño de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga LRFD.

El diseño se realizará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R_u \leq \phi * R_n$$

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

La resistencia de diseño en compresión, $\phi_c P_n$, debe ser determinada de la siguiente manera.

La resistencia de compresión nominal, P_n , es el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites que aplican pandeo por flexión, pandeo torsional, y pandeo flexo-torsional.

$$\phi_c = 0.90 \quad (LRFD)$$

Las columnas al ser elementos que tiene una sección transversal conformada por dos perfiles G, la normativa ANSI/AISC 360-10 nos muestra el cálculo de la resistencia de compresión nominal que debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexión:

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

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

Para flexión simple, 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.

Al tener secciones diferentes para los elementos de la escalera cada uno se calculará de la siguiente manera:

Perfil tubular circular

Para los pasamanos que están conformados por perfiles tubulares circulares y que posean una razón:

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

La resistencia de flexión nominal M_n , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia y pandeo local

Fluencia:

$$M_n = M_p = F_y * Z$$

Pandeo local:

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

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

- c) Para secciones con paredes esbeltas

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

Donde:

S: módulo de sección elástico

t: espesor de la pared

Miembro de sección H y canales flectados en torno a su eje menor

Para los peldaños formado por un perfil C flectado en torno a su eje menor.

La resistencia de flexión nominal, M_n , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados limites 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:

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

- b) Para secciones con alas no compactas

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

- c) 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, bf , 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

Para las vigas y zancas de la escalera se adopta una sección conformada por dos perfiles G unidos de tal manera que forman una sección aproximadamente cuadrada por lo cual la resistencia de flexión nominal, M_n , debe ser el menor 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:

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

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

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

Dimensionamiento de elementos

En el dimensionamiento inicial de los elementos que conforman la escalera, se seleccionó perfiles existentes en nuestro mercado específicamente de los catálogos de DIPAC MANTA S.A., los cuales nos proporcionan toda la información sobre el perfil.

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.

Para la carga en pasamanos la misma norma ecuatoriana de la construcción nos recomienda implementar la carga establecida en la sección 4.5 del ASCE/SEI 7-10 donde establece una carga de 0.73 kN/m aplicado barandilla o riel superior.

A continuación, se detallan los valores de estas cargas establecidos por la NEC-15:

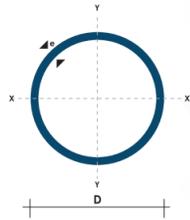
	Cargas de materiales	
Hormigón armado		2400 kg/cm^2
Enlucidos		2200 kg/cm^2
Cielo raso		200 kg/cm^2
	Cargas de servicio	
Escaleras o rutas de escape		500 kg/cm^2
Pasamanos		100 kg/cm^2

Establecido estos últimos parámetros de diseño procedemos a calcular cada uno de los elementos que conforman la escalera metálica, para esto se establece como la combinación más crítica a $1.2CM+1.6CV$.

Dimensionamiento de Pasamanos

- Selección del perfil

TC 2" x 1.5mm



Propiedades

Diámetro	2"
Espesor	1.5 mm
Masa	1.82 kg/m
Área	2.32 cm ²
Ix	7.06 cm ⁴
Sy	2.78 cm ³

- Determinación de cargas

Carga Muerta

$$\frac{W_{\text{perfil}} = 1.82 \text{ kg/m}}{CM = 1.82 \text{ kg/m}}$$

Carga Viva

$$\frac{W_{\text{Pasamanos}} = 100.00 \text{ kg/m}}{CV = 100.00 \text{ kg/m}}$$

$$q_u = 1.2CM + 1.6CV$$

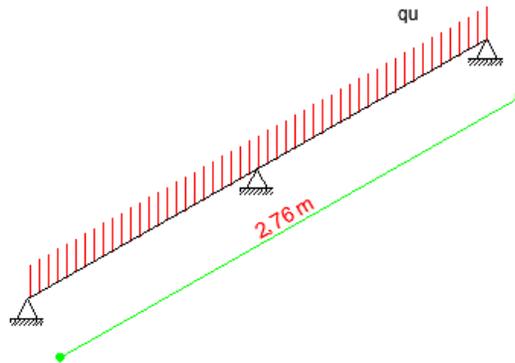
$$q_u = 1.2(1.82) + 1.6(100)$$

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

- Determinación de reacciones y momentos

Figura 151

Modelo matemático para pasamano



$$M_u + = 18.96 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_u - = 33.55 \text{ kg} - \text{m}$$

$$R_A = R_C = 90.76 \text{ kg}$$

$$R_B = 266.02 \text{ kg}$$

- *Análisis por flexión*

$$M_n = S_x * F_y$$

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

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

$$M_u < 0.9 * 70.33$$

$$33.55 \text{ kg} - \text{m} < 63.3 \text{ kg} - \text{m} \quad \text{OK}$$

- *Análisis de pandeo lateral*

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

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

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

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

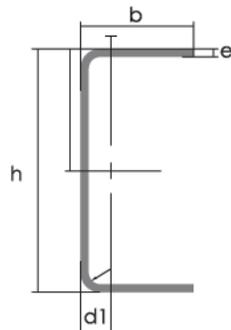
$$Mu < 0.9 * 106.53$$

$$33.55 \text{ kg} - \text{m} < 95.88 \text{ kg} - \text{m} \text{ OK}$$

Dimensionamiento de Peldaños

- Selección del perfil

C 300 x 80 x 4mm



Propiedades

Altura	300 mm
Base	80 mm
Espesor	4 mm
Masa	13.98 kg/m
Área	17.87 cm ²
Ix	2186 cm ⁴
Iy	93.35 cm ⁴
Sx	145.8 cm ³
Sy	14.5 cm ³

- *Determinación de cargas*

Carga Muerta

$$W_{\text{hormigón}} = 1 * 0.30 * 0.07 * 2400 =$$

$$50.40 \text{ kg/m}$$

$$\begin{array}{r}
 W_{\text{Masillado}} = 1.00 * 0.30 * 0.01 * 2200 = 6.60 \text{ kg/m} \\
 W_{\text{perfil}} = 13.98 \text{ kg/m} \\
 \hline
 CM = 70.98 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

Carga Viva

$$\begin{array}{r}
 W_{\text{Personas}} = 1.00 * 0.30 * 500 \text{ kg/m}^2 = 150.00 \text{ kg/m} \\
 \hline
 CV = 150.00 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

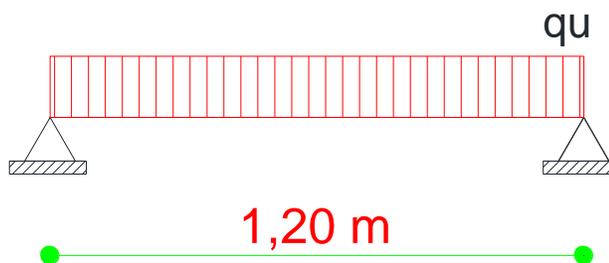
$$q_u = 1.2CM + 1.6CV$$

$$q_u = 1.2(70.98) + 1.6(150.00) = 325.18 \text{ kg/m}$$

- *Determinación de reacciones y momentos*

Figura 152

Modelo matemático peldaño



$$M_{u+} = \frac{q * l^2}{8}$$

$$M_{u+} = \frac{325.18 * 1.20^2}{8}$$

$$M_{u+} = 58.53 \text{ kg} - m$$

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

$$R_A = R_B = \frac{325.18 * 1.20}{2}$$

$$R_A = R_B = 195.11 \text{ kg}$$

- *Análisis por flexión*

$$M_p = F_y * Z_y$$

$$M_p = \frac{33.45 \text{ cm}^3 * 2530 \text{ kg/cm}^2}{100} = 846.29 \text{ kg} - m$$

$$M_p = 1.6 * F_y * S_y$$

$$M_p = \frac{1.6 * 14.5 \text{ cm}^3 * 2530 \text{ kg/cm}^2}{100} = 586.96 \text{ kg} - m$$

$$M_n = 586.96 \text{ kg} - m$$

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

$$M_u < 0.9 * 586.96$$

$$58.53 \text{ kg} - m < 528.26 \text{ kg} - m \quad \text{OK}$$

- *Análisis del pandeo del ala*

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

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2100000}{2530}} = 10.94$$

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.0 \sqrt{\frac{2100000}{2530}} = 28.81$$

No compacto en flexión, por lo tanto:

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

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

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

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

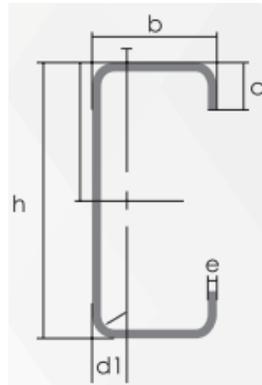
$$M_u < 0.9 * 311.05$$

$$58.53 \text{ kg} - \text{m} < 279.95 \text{ kg} - \text{m} \quad \text{OK}$$

Vigas soporte de peldaños (Zanca)

- Selección del perfil

2G 150 x 50 x 15 x 3mm



Propiedades

Altura	150 mm
Base	50 mm
c	15 mm
Espesor	3 mm
Masa	6.07 kg/m
Área	7.81 cm ²
Ix	255.2 cm ⁴
Iy	23.49 cm ⁴
Sx	34.03 cm ³
Sy	6.56 cm ³

- Determinación de cargas

Carga Muerta

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

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

Fuerza Puntual de Pasamanos

$$P_p = 3 * 266.02 = 798.06 \text{ kg}$$

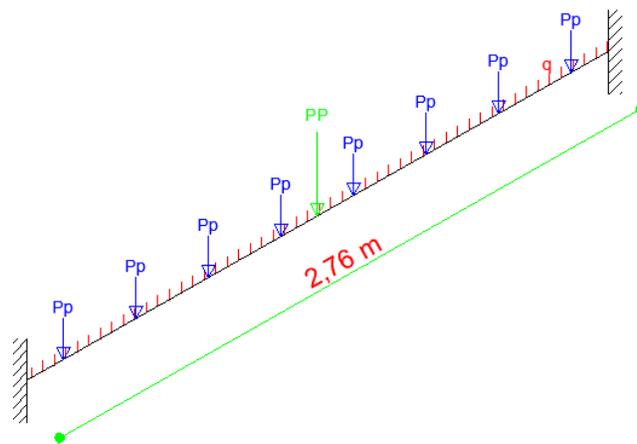
Fuerza Puntual de Peldaños

$$P_p = 195.11 = 195.11 \text{ kg}$$

- *Determinación de reacciones y momentos*

Figura 153

Reacciones y momentos en escalera



$$R_A = R_B = 1197.1 \text{ kg}$$

$$M_{u-} = 561.01 - m$$

$$M_{u+} = 396.37 \text{ kg} - m$$

- *Análisis por flexión*

$$M_n = F_y * Z_x$$

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

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

$$Mu < 0.9 * 1721.92$$

$$561.01 \text{ kg} - m < 1549.73 \text{ kg} - m \quad OK$$

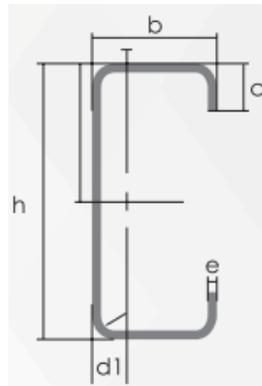
- *Pandeo local del Ala*

Al ser esta una sección compacta, no aplica el estado límite de pandeo local del ala.

Vigas soporte de Zancas

- *Selección del perfil*

2G 150 x 75 x 25 x 5mm



Propiedades

Altura	150 mm
Base	75 mm
c	25 mm
Espesor	5 mm
Masa	12.28 kg/m
Área	15.86 cm ²
Ix	545.4 cm ⁴
Iy	117.2 cm ⁴
Sx	72.71 cm ³
Sy	24.17 cm ³

- *Determinación de cargas*

Carga Muerta

$$W_{\text{perfil}} = 2 * 12.28 = 24.56 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{DECK}} = 0.67 * 6.38 = 4.28 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{hormigon}} = 119.25 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{masillado}} = 1.00 * 0.67 * 0.01 * 2200 = 14.74 \text{ kg/m}$$

$$CM = 162.83 \text{ kg/m}$$

Carga Viva

$$W_{\text{Personas}} = 1.00 * 0.67 * 500 \text{ kg/m}^2 = 335.00 \text{ kg/m}$$

$$CV = 335.00 \text{ kg/m}$$

Fuerza Puntual de pasamanos

$$P_p = 6 * 90.76 = 544.56 \text{ kg}$$

Fuerza Puntual de zancas

$$P_z = 2 * 1197.1 = 2394.2 \text{ kg}$$

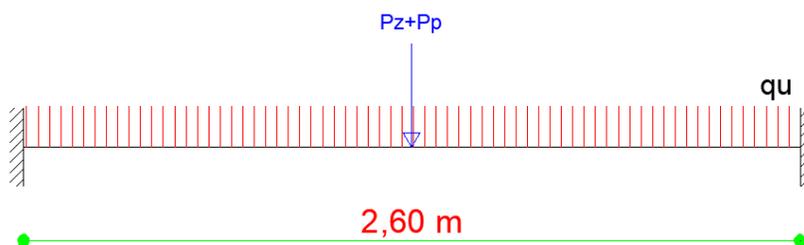
$$q_u = 1.2CM + 1.6CV$$

$$q_u = 1.2(162.83) + 1.6(335.00) = 731.40 \text{ kg/m}$$

- Determinación de reacciones y momentos

Figura 154

Modelo matemático viga soporte



$$M_{u-} = 1367.12 \text{ kg} - m$$

$$M_{u+} = 1161.11 \text{ kg} - m$$

$$R_A = R_B = 2420.2$$

- Análisis por flexión

$$M_n = F_y * Z_x$$

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

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

$$Mu < 0.9 * 3679.13$$

$$1367.12 \text{ kg} - m < 3311.21 \text{ kg} - m \quad OK$$

Columna interior

- *Determinación de cargas*

Fuerza Puntual de Zancas

$$P_{Vigas} = 5 * 1197.1 = 5985.50 \text{ kg}$$

Fuerza Puntual Descanso

$$P_{escalones} = 5 * 2420.2 = 12101.00 \text{ kg}$$

$$Pu = 18086.50 \text{ kg}$$

- *Diseño estructural del elemento*

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

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100000}{2530}} = 135.7$$

$$50 < 135.7$$

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

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

$$F_e = \frac{\pi^2 * 2100000}{50^2} = 8290.47 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{2530}{8290.47}}\right) * 2530 = 2226.63 \text{ kg/cm}^2$$

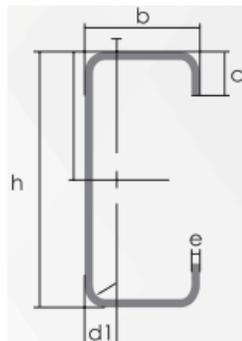
Área requerida

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

$$A_g = \frac{18086.5}{0.9 * 2226.63} = 9.03 \text{ cm}^2$$

- Selección del perfil

2G 150 x 75 x 25 x 5mm



Propiedades

Altura	150 mm
Base	75 mm
c	25 mm
Espesor	5 mm
Masa	12.28 kg/m
Área	15.86 cm ²
Ix	545.4 cm ⁴
Iy	117.2 cm ⁴
Sx	72.71 cm ³
Sy	24.17 cm ³

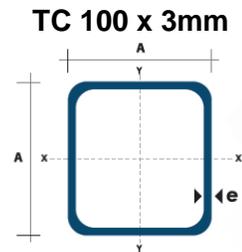
$$A = 2 * 15.86 = 31.72$$

$$9.03 \text{ cm}^2 < 21.72 \text{ cm}^2 \text{ OK}$$

Diagonales

Para evitar derivas excesivas en el sentido más corto de la estructura se implementan diagonales de acero con el fin de dar mayor rigidez a la estructura, para el

análisis dinámico se eligió intuitivamente una sección para la diagonal con las siguientes características:



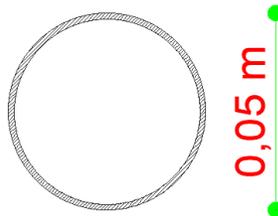
Propiedades

Altura	100 mm
Espesor	3 mm
Masa	9.17 kg/m
Área	11.41 cm ²
Ix	176.95 cm ⁴
Sx	35.39 cm ³

Resumen de perfiles

Una vez dimensionado los perfiles se procede a realizar los controles respectivos a través del análisis dinámico de la estructura a continuación, se muestra un resumen de los perfiles a tomarse en consideración:

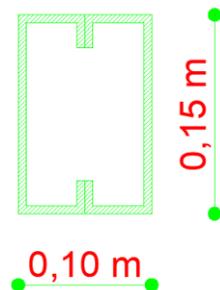
Tubo Redondo
2" x 1.5mm



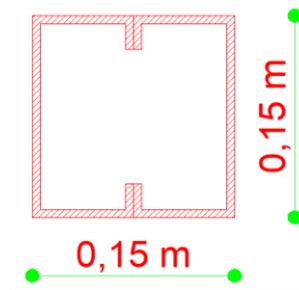
Perfil C
300x80x4mm



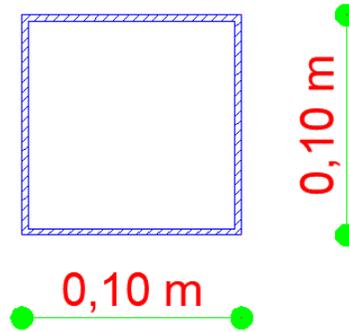
Perfil G
150x50x15x3mm



Perfil G
150x75x25x5mm



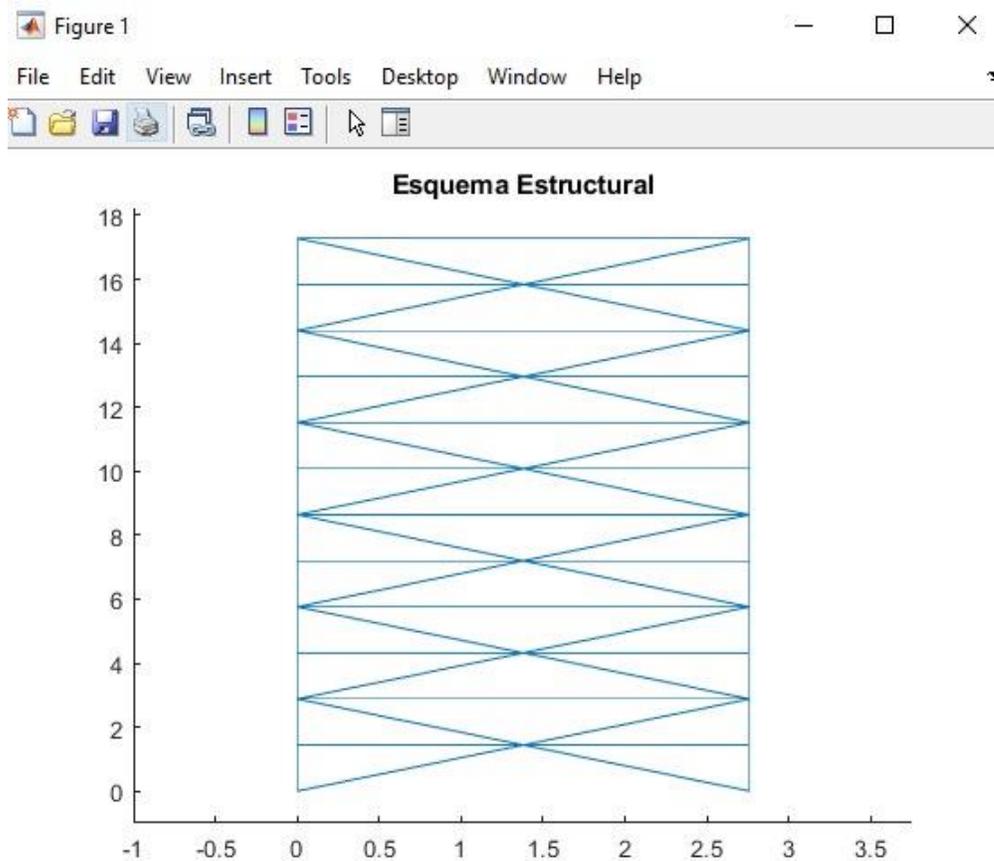
Tubo cuadrado
100 x 3mm



Análisis de pórticos Arriostrados con diagonales en forma de X

Mediante un análisis estático equivalente y modal espectral se realizan el análisis de la estructura de escaleras para la evacuación vertical. Con ayuda del programa computacional CEINCI-LAB desarrollado por el Dr. Roberto Aguiar y su grupo de colaboradores.

Como primer paso definimos la geometría del pórtico con su número de vanos y pisos.

Figura 155*Geometría General del Pórtico*

Luego se definen las dimensiones de los elementos y las propiedades de los materiales y se las asigna a cada uno de los elementos, columnas, vigas y diagonales que constituyen la escalera de evacuación. Se definen las cargas a las que estará sujeta la estructura y se definen los factores para el análisis sísmico con el espectro NEC, como el tipo de suelo, la 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.

is=4; Suelo D

$i_z=5$; Zona sísmica 5 = 0.4g

$i_p=1$; Región Sierra

Importancia = 1.0; Factor de importancia

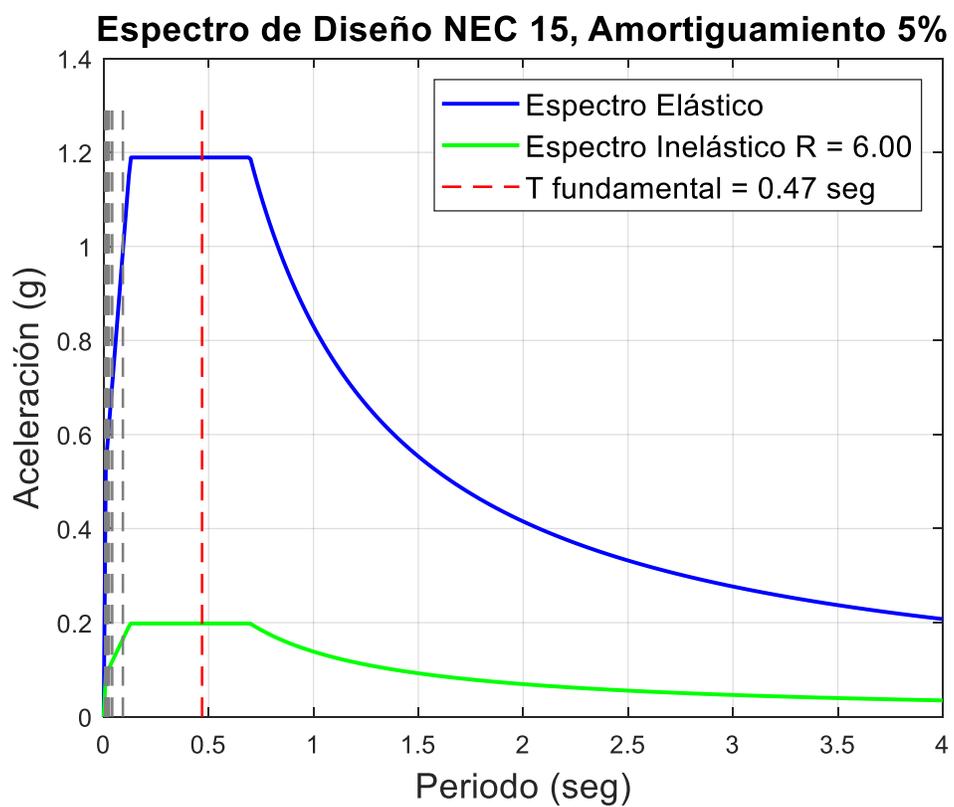
$R = 6$; Factor de reducción de la fuerza sísmica

$\Phi_p=1$; $\Phi_e=1.0$; % Factores de planta y elevación

$\zeta=0.05$; % Amortiguamiento

Figura 156

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

Figura 157

Desplazamientos, deriva por piso y Corte por piso

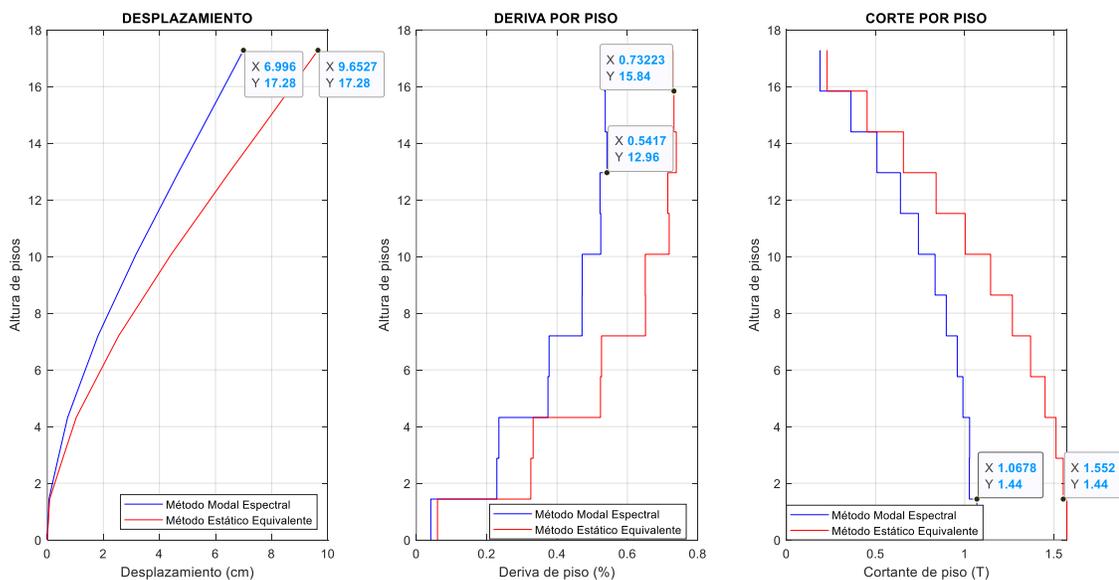
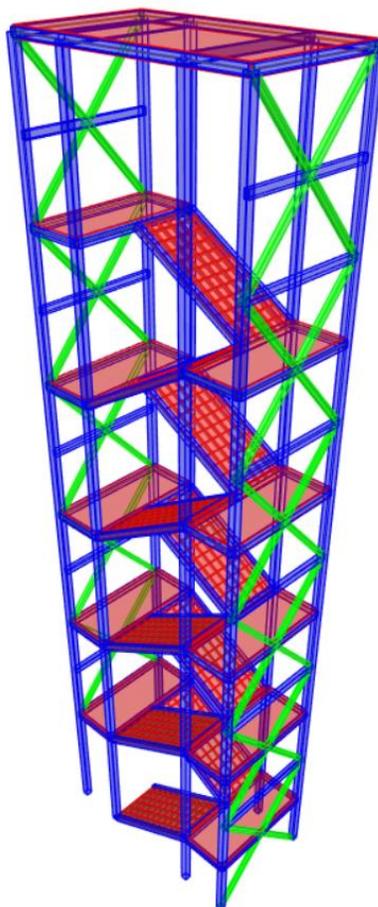


Figura 158

Modelamiento de la Escalera



Presupuesto de escalera

Se calculó el presupuesto referencial de esta escalera diseñada como una adaptación necesaria para la evacuación vertical, para ello, empezamos realizando los cálculos y los planos anteriormente mostrados. Con esta información procedemos a determinar las cantidades de obra y después a realizar los análisis de precios unitarios, los cuales sirven para estimar el costo del proyecto considerando la mano de obra, los materiales, el equipo y/o la herramienta que necesita la obra. Se determina el costo de cada rubro, de una manera empírica como se muestra a continuación.

Figura 159

Rubro Deck y/o Novalosa 0.65

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS



Hoja 1 de 13

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL

RUBRO: Deck y/o Novalosa 0.65

DETALLE:

UNIDAD: m²

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	2.00	0.20	0.40	0.1757	0.07
Amoladora electrica	1.00	1.10	1.10	0.1757	0.19
Soldadura mig	1.00	1.00	1.00	0.1757	0.18
SUBTOTAL M					0.44
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	1.00	3.85	3.85	0.1757	0.68
Maestro mayor de ejecucion de ob	1.00	5.99	5.99	0.1757	1.05
Maestro soldador especializado (e	1.00	4.04	4.04	0.1757	0.71
					2.44
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Conectores de corte	u	4.00	0.85	3.40	
steeldeck calibre 0.65	m2	1.05	8.65	9.08	
Electrodos	KG	1.00	3.46	3.46	
Disco de corte	u	1.00	4.07	4.07	
SUBTOTAL O					20.01
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					22.89
COSTO INDIRECTO					20.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					27.47
VALOR OFERTADO:					27.47

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL I.V.A

Figura 160

Rubro Hormigón en novalosas $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 2 de 13

RUBRO: Hormigón en novalosas $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

DETALLE:

UNIDAD: m^3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores	1.00	0.50	0.50	1.0364	0.52
Concreteira	1.00	3.00	3.00	1.0364	3.11
Vibrador de HS	1.00	3.00	3.00	1.0364	3.11
Andamio	1.00	0.12	0.12	1.0364	0.12
Elevador (1 saco)	1.00	6.87	6.87	1.0364	7.12
SUBTOTAL M					13.98
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	6.00	3.01	18.06	1.0364	18.72
Albañil (estr.oc d2)	1.00	3.05	3.05	1.0364	3.16
Maestro mayor de ejecucion de ot	1.00	3.38	3.38	1.0364	3.50
Carpintero (estr.oc d2)	1.00	5.17	5.17	1.0364	5.36
					30.74
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cemento portland	Kg	360.00	0.16	57.60	
Arena	m^3	0.65	11.00	7.15	
Ripio	m^3	0.95	11.00	10.45	
Agua	m^3	0.23	0.70	0.16	
Tabla para encofrado	m	8.00	1.00	8.00	
Píngos	m	12.00	1.00	12.00	
Clavos	Kg	0.25	1.25	0.31	
Aceite Desechable	gl	0.1500	0.40	0.06	
Aditivo	Kg	3.5000	1.25	4.38	
SUBTOTAL O					100.11
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					144.83
COSTO INDIRECTO					20.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					173.80
VALOR OFERTADO:					173.80

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 161

Rubro Malla electrosoldada Ø 6c/.10

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 3 de 13

RUBRO: Malla electrosoldada Ø 6c/.10

DETALLE:

UNIDAD: m²

EQUIPOS					
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	0.0330	0.01
SUBTOTAL M					0.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	2.00	3.85	7.70	0.0330	0.25
Albañil (estr.oc d2)	1.00	5.17	5.17	0.0330	0.17
Maestro mayor en ejecución de o	0.10	4.04	0.40	0.0330	0.01
					0.43
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Malla electrosodada 6.10	M2	1.05	4.77	5.01	
SUBTOTAL O					5.01
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					5.45
COSTO INDIRECTO				20.00	1.09
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					6.54
VALOR OFERTADO:					6.54

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 162

Rubro Acero de estructural

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 4 de 13

RUBRO: Acero de estructural

DETALLE:

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	3.00	0.20	0.60	0.0321	0.02
Andamio	1.00	0.12	0.12	0.0321	0.00
Soldadora electrica 300 a	1.00	1.98	1.98	0.0321	0.06
Elevador de riel	1.00	3.63	3.63	0.0321	0.12
Amoladora electrica	1.00	1.10	1.10	0.0321	0.04
Compresor	1.00	1.80	1.80	0.0321	0.06
SUBTOTAL M					0.30
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Fierrero (estr.oc d2)	1.00	5.17	5.17	0.0321	0.17
Peon de fierrero (estr.oc e2)	2.00	3.85	7.70	0.0321	0.25
Maestro mayor de ejecucion de ob	0.10	5.99	0.60	0.0321	0.02
Maestro especializacion soldador	0.10	4.04	0.40	0.0321	0.01
					0.45
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Acero en perfil	Kg	1.05	1.40	1.47	
Thinner	gl	0.01	15.12	0.15	
Disco de corte	u	0.01	4.07	0.04	
Pintura anticorrosiva	gl	0.01	16.37	0.16	
Pintura esmalte	gl	0.01	13.72	0.14	
Electrodo # 6011 1/8	Kg	0.05	3.91	0.20	
SUBTOTAL O					2.16
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.91
COSTO INDIRECTO					20.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					3.49
VALOR OFERTADO:					3.49

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 163

Rubro Hormigón en peldaños

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 5 de 13

RUBRO: Hormigón en peldaños

DETALLE:

UNIDAD: m³

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Elevador (1 saco)	1.00	6.87	6.87	1.0000	6.87
Herramienta menor	1.00	0.20	0.20	1.0000	0.20
Concreteira 1 saco	1.00	3.01	3.01	1.0000	3.01
Andamio	1.00	0.12	0.12	1.0000	0.12
SUBTOTAL M					10.20
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	2.00	3.85	7.70	1.0000	7.70
Albañil (estr.oc d2)	1.00	5.17	5.17	1.0000	5.17
Maestro mayor de ejecucion de ob	0.10	5.99	0.60	1.0000	0.60
SUBTOTAL N					13.47
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Arena	m3	0.04	13.75	0.55	
Ripio	m3	0.06	13.75	0.82	
Agua	m3	0.02	3.00	0.06	
cemento	saco	0.63	7.90	4.98	
SUBTOTAL O					6.41
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					30.08
COSTO INDIRECTO				20.00	6.02
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					36.10
VALOR OFERTADO:					36.10

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 164

Rubro Masillado y escobillado en descansos

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 6 de 13

RUBRO: Masillado y escobillado en descansos

DETALLE:

UNIDAD: m²

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	2.00	0.20	0.40	0.7153	0.29
Andamio	1.60	0.12	0.19	0.7153	0.14
SUBTOTAL M					0.43
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	0.80	3.85	3.08	0.7153	2.20
Albañil (estr.oc d2)	0.80	5.17	4.14	0.7153	2.96
Maestro mayor de ejecucion de ob	0.10	3.38	0.34	0.7153	0.24
SUBTOTAL N					5.40
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cemento	kg	10.30	0.16	1.65	
Arena	m ³	0.02	13.75	0.28	
Agua	m ³	0.01	3.00	0.03	
SUBTOTAL O					1.96
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7.79
COSTO INDIRECTO				20.00	1.56
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					9.35
VALOR OFERTADO:					9.35

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 165

Rubro Masillado y escobillado en peldaños

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 7 de 13

RUBRO: Masillado y escobillado en peldaños

DETALLE:

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	2.00	0.20	0.40	0.4033	0.16
Andamio	1.60	0.12	0.19	0.4033	0.08
SUBTOTAL M					0.24
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	0.80	3.85	3.08	0.4033	1.24
Albañil (estr.oc d2)	0.80	5.17	4.14	0.4033	1.67
Maestro mayor de ejecucion de ob	0.10	3.38	0.34	0.4033	0.14
					3.05
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Aditivo impermeabilizante	Kg	0.01	1.15	0.01	
Cemento	kg	10.30	0.16	1.65	
Arena	m3	0.02	13.75	0.28	
Agua	m3	0.01	3.00	0.03	
SUBTOTAL O					1.97
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					5.26
COSTO INDIRECTO				20.00	1.05
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					6.31
VALOR OFERTADO:					6.31

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 166

Rubro Gypsum de humedad en tumbado tapa grada

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 8 de 13

RUBRO: Gypsum de humedad en tumbado tapa grada

DETALLE: UNIDAD: m²

EQUIPOS					
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	0.5568	0.11
Andamio	1.00	0.12	0.12	0.5568	0.07
SUBTOTAL M					0.18
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor de ejecucion de ob	0.10	3.38	0.34	0.5568	0.19
Peon en general (estr.oc e2)	1.00	3.85	3.85	0.5568	2.14
Instalador revestimiento en genera	1.00	3.65	3.65	0.5568	2.03
					4.36
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Alambre de amarre #18	Kg	0.10	2.15	0.22	
Plancha Gypsum Yeso Carton p/humedad 4'x8'x1/2	u	0.37	12.88	4.77	
Clavo de acero negro	lb	0.02	1.50	0.03	
Angulo perimetral galvanizado	u	0.35	0.65	0.23	
Tornillos BH para plancha	u	14.82	0.01	0.15	
Fulminantes y clavo	u	0.70	0.55	0.38	
Tornillos LH para estructura	u	4.58	0.01	0.05	
Cinta para junta de papel	u	0.0300	4.66	0.14	
Masilla Romeral 30kg	saco	0.0300	16.68	0.50	
SUBTOTAL O					6.47
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11.01
COSTO INDIRECTO					20.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					13.21
VALOR OFERTADO:					13.21

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 167

Rubro Estuco en tumbados gypsum

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 9 de 13

RUBRO: Estuco en tumbados gypsum

DETALLE:

UNIDAD: m²

EQUIPOS					
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	0.0612	0.01
Andamio	1.00	0.12	0.12	0.0612	0.01
SUBTOTAL M					0.02
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon de pintor (estr. oc. e2)	1.00	3.60	3.60	0.0612	0.22
Pintor (estr.oc d2)	1.00	3.65	3.65	0.0612	0.22
Maestro mayor de ejecucion de ob	0.10	3.38	0.34	0.0612	0.02
					0.46
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Estuco de tumbados 1.2x0.60	m ²	0.10	7.66	0.77	
Sikatop empaste	kg	1.00	1.37	1.37	
SUBTOTAL O					2.14
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.62
COSTO INDIRECTO				20.00	0.52
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					3.14
VALOR OFERTADO:					3.14

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 168

Rubro Pintura caucho en tumbados gypsum

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: **EVACUACIÓN VERTICAL**



Hoja 10 de 13

RUBRO: Pintura caucho en tumbados gypsum

DETALLE:

UNIDAD: m²

EQUIPOS					
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	0.2995	0.06
Andamio	1.00	0.12	0.12	0.2995	0.04
SUBTOTAL M					0.10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	1.00	3.85	3.85	0.2995	1.15
Pintor (estr.oc d2)	1.00	3.65	3.65	0.2995	1.09
Maestro mayor de ejecucion de ob	0.10	3.38	0.34	0.2995	0.10
					2.34
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Pintura de caucho	gl	0.05	14.74	0.74	
SUBTOTAL O					0.74
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					3.18
COSTO INDIRECTO					20.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					3.82
VALOR OFERTADO:					3.82

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 169

Rubro Pasamanos con tubo negro, incluye pintura

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 11 de 13

RUBRO: Pasamanos con tubo negro, incluye pintura

DETALLE:

UNIDAD: m

EQUIPOS					
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	1.0000	0.20
Amoladora electrica	1.00	1.10	1.10	1.0000	1.10
Soldadora electrica 300 a	1.00	1.98	1.98	1.0000	1.98
Compresor	1.00	1.80	1.80	1.0000	1.80
SUBTOTAL M					5.08
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor de ejecucion de ob	0.10	3.38	0.34	1.0000	0.34
Maestro soldador especializado (e	1.00	4.04	4.04	1.0000	4.04
Peon en general (estr.oc e2)	1.00	3.85	3.85	1.0000	3.85
					8.23
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Pasamanos de metal (inc. instalación)	m	1.00	28.96	28.96	
Disco de corte	u	0.01	4.07	0.04	
Electrodo # 6011 1/8	Kg	0.05	3.91	0.20	
Pintura anticorrosiva	gl	0.01	16.37	0.16	
SUBTOTAL O					29.36
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					42.67
COSTO INDIRECTO				20.00	8.53
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					51.20
VALOR OFERTADO:					51.20

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 170

Rubro Picado y resanes generales

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: **EVACUACIÓN VERTICAL**



Hoja 12 de 13

RUBRO: Picado y resanes generales

DETALLE:

UNIDAD: m²

EQUIPOS					
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	0.2517	0.05
Andamios	1.00	0.25	0.25	0.2517	0.06
SUBTOTAL M					0.11
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	1.00	3.85	3.85	0.2517	0.97
Albañil (Est. Ocu. D2)	1.00	3.65	3.65	0.2517	0.92
					1.89
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
cemento	saco	0.01	7.90	0.08	
Arena	m3	0.01	13.75	0.14	
Agua	m3	0.01	0.70	0.01	
SUBTOTAL O					0.23
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.23
COSTO INDIRECTO				20.00	0.45
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					2.68
VALOR OFERTADO:					2.68

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Figura 171

Rubro Limpieza de obra

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DE PROYECTO: ESCALERA CENTINELA

NOMBRE DE OFERENTE: EVACUACIÓN VERTICAL



Hoja 13 de 13

RUBRO: Limpieza de obra

DETALLE:

UNIDAD: m²

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor	2.00	0.20	0.40	0.0840	0.03
SUBTOTAL M					0.03
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon en general (estr.oc e2)	2.00	3.85	7.70	0.0840	0.65
					0.65
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.68
COSTO INDIRECTO					20.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					0.82
VALOR OFERTADO:					0.82

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

Como ya se mencionó anteriormente una vez que tenemos los análisis de precios unitario y hemos determinado las cantidades de obra de los planos, podemos calcular el precio total de cada rubro y por consiguiente el costo total, lo cual se muestra en la tabla del presupuesto.

Figura 172

Presupuesto Referencial

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ESTRUCTURA					
1	Deck y/o Novalosa 0.65	m ²	51.15	27.47	1,405.09
2	Hormigón en novalosas f'c= 210 kg/cm ²	m ³	5.55	173.80	964.59
3	Malla electrosoldada Ø 6c/.10	m ²	80.55	6.54	526.76
4	Acero de estructural	kg	2,425.13	3.49	8,463.72
5	Hormigón en peldaños	m ³	20.16	36.10	727.78
ENLUCIDOS					
6	Masillado y escobillado en descansos	m ²	36.50	9.35	341.28
7	Masillado y escobillado en peldaños	m	96.00	6.31	605.76
REVESTIMIENTO EN PAREDES Y TUMBADO					
8	Gypsum de humedad en tumbado tapa grada	m ²	47.50	13.21	627.48
9	Estuco en tumbados gypsum	m ²	47.50	3.14	149.15
10	Pintura caucho en tumbados gypsum	m ²	47.50	3.82	181.45
CARPINTERIA ALUMINIO METAL / MADERA					
11	Pasamanos con tubo negro,incluye pintura	m	101.14	51.20	5,178.37
VARIOS					
12	Picado y resanes generales	m ²	0.87	2.68	2.33
13	Limpieza de obra	m ²	52.02	0.82	42.66
				TOTAL	19,216.42

Como podemos observar se elaboró el presupuesto de acuerdo a los rubros que intervienen en el proyecto, basados en los planos constructivos, determinándose que el monto del proyecto es de USD \$ 19,216.42 sin IVA como se muestra en el presupuesto referencial este es el resultado de las características técnicas y particulares de este proyecto, el presupuesto fue elaborado de acuerdo a los salarios vigentes, así como a los precios actualizados de los materiales que compondrán los rubros que serán utilizados en la construcción de esta escalera de emergencias.

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

El enfoque de este capítulo es el de brindar una guía metodológica para un diseño de estructuras para evacuación vertical, estas estructuras estarán destinadas a brindar protección y seguridad durante un evento de tsunami de alto riesgo a corto plazo. Estas instalaciones se denominan generalmente refugios. Un refugio de evacuación vertical de tsunamis es un edificio o montículo de tierra que tiene la altura suficiente para elevar a los evacuados por encima del nivel de la inundación del tsunami, y está diseñado y construido con la fuerza y resistencia necesarias para resistir los efectos de las olas del tsunami (Heintz & Mahoney, 2008). En algunos lugares, es posible que no existan terrenos elevados o que los tsunamis desencadenados por eventos locales no permitan suficiente tiempo de advertencia como es el caso en Bahía de Caráquez. Cuando la evacuación horizontal fuera de la zona de inundación del tsunami no sea posible ni práctica, una posible solución es la evacuación vertical hacia los niveles superiores de las estructuras diseñadas y detalladas para resistir los efectos de un tsunami.

La presente guía metodológica está construida principalmente por recomendaciones y diseños presentados en la Federal Emergency Management Agency o FEMA, y a su vez de los aprendizajes obtenidos en la experiencia de nuestra visita y evaluación a los edificios en la ciudad de Bahía de Caráquez, en donde se pudo además de analizar los edificios, escuchar a los habitantes de estas zonas con poco tiempo de reacción frente a un tsunami y sin un lugar elevado cercano, además de que se habló con constructores, ingenieros, y arquitectos encargados de estos edificios en la zona de estudio

Viabilidad del diseño resistente a tsunami

Aunque un tsunami traiga consigo daños considerables y a menudo, destrucción total de los edificios residenciales, también hay numerosos ejemplos de estructuras de ingeniería de mediana a gran altura 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

Los estudios de daños causados por tsunamis históricos han demostrado que la capacidad de supervivencia de los edificios varía con el tipo de construcción y la altura del tsunami (Yeh et al., 2005). Si bien las observaciones muestran que ciertos tipos de construcción son destruidos en gran parte por el flujo de agua a alta velocidad, hay mucha evidencia de que los sistemas estructurales diseñados apropiadamente pueden sobrevivir a la inundación del tsunami. Esto permite considerar la evacuación vertical como una alternativa viable cuando la evacuación horizontal fuera de la zona de inundación no es factible (Heintz & Mahoney, 2008).

Estudios de daños causados por tsunamis históricos, incluido el tsunami del Océano Índico de 2004 y el tsunami de Tohoku, Japón de 2011, y estudios de marejadas ciclónicas asociados con el huracán Katrina en 2005, han proporcionado información sobre la respuesta del entorno construido frente a los devastadores tsunamis y las inundaciones costeras. Aunque hay daños considerables y a menudo destrucción total de

los edificios residenciales, también hay numerosos ejemplos de estructuras de ingeniería de mediana a gran altura que sobrevivieron a las inundaciones costeras (FEMA, 2019).

Implicaciones para el diseño resistente a tsunamis presentados para la NEC

La FEMA nos presenta observaciones de eventos históricos de tsunamis y huracanes y como estos han afectado a la parte estructural de los edificios que fueron golpeados por estos eventos, para que podamos obtener varias lecciones al momento de considerar diseñar un edificio resistente a tsunamis y que puedan servir como potenciales refugios verticales, a continuación se presenta un conjunto de imágenes obtenidas de la FEMA que describen el daño que han dejado tsunamis y huracanes a las estructuras. A la

Tsunami de Okushiri de 1993

Este tsunami destruyó por completo toda la ciudad de Aonae. La siguiente ilustración muestra los cimientos de hormigón desnudo que normalmente se observan como restos de una construcción residencial con estructura de madera después de un tsunami.

Figura 173

Destrucción total de un grupo de casas



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

Como se logra ver en la siguiente ilustración muestra la erosión severa y la destrucción completa de una casa con armazón de madera (izquierda) y la supervivencia de un marco de madera elevado y una estructura de mampostería rígida (derecha). Las tres casas estaban ubicadas en una berma de playa en la misma vecindad, a menos de 200 metros de distancia.

Figura 174

Casas de playa con diferentes niveles de daño



Nota: Casas de playa con diferentes niveles de daño en El Popoyo, Nicaragua, tsunami de 1992 en Nicaragua. Tomado de: (Yeh et al., 2005)

Tsunami del Océano Índico de 2004

Los daños observados como resultado del tsunami del Océano Índico de 2004 confirmaron las observaciones de datos históricos sobre los efectos del tsunami y proporcionaron nueva evidencia sobre los efectos observados. La siguiente ilustración muestra una casa de mampostería no reforzada dañada en Devanaanpattinam, India. Los cimientos sufrieron una erosión severa y las paredes traseras fueron expulsadas por la presión hidráulica debido a las inundaciones dentro de la casa. Este tipo de daño se observa comúnmente en edificios de mampostería. (FEMA, 2019).

Figura 175*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)

Como se observó en tsunamis anteriores, numerosos edificios de ingeniería sobrevivieron al tsunami del Océano Índico de 2004. En algunos casos, hubo daños en elementos estructurales en los niveles inferiores, pero rara vez en un grado que conduzca al colapso total de la estructura. Un ejemplo de una estructura sobreviviente es una mezquita ubicada a la orilla del agua en Uleele, Banda Aceh, que se muestra en la siguiente ilustración. La profundidad de la inundación en la mezquita fue de unos 10 metros (justo debajo de la línea del techo) y la ciudad circundante fue destruida. La mezquita sufrió daños importantes, pero aún estaba en pie.

Figura 176

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).

Tsunami de Tohoku de 2011

En el tsunami de Tohoku de 2011, la profundidad de la inundación del tsunami estuvo en el rango de 5 metros a más de 30 metros a lo largo de la costa de Tohoku. En este caso, se produjo el colapso total de la construcción residencial de estructura ligera en casi el 100% de todas las áreas afectadas que se extienden hasta el borde del límite de inundación. En áreas comerciales e industriales, entre el 75% y el 95% de los edificios de poca altura se derrumbaron, y la tasa de derrumbes más alta se produjo cuando las profundidades de la inundación del tsunami alcanzaron el límite superior del rango. En estas zonas costeras inundadas, los edificios de más de 5 pisos eran poco comunes.

La siguiente ilustración muestra la extensión de la devastación en la zona de inundación del tsunami. A pesar de esta devastación, hubo varios edificios de varios pisos que sobrevivieron al tsunami sin pérdida de la integridad estructural del sistema de carga vertical o los cimientos. De hecho, una proporción significativa de los edificios supervivientes no parecía tener daños estructurales importantes.

Figura 177

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)

La ciudad de Ishinomaki se inundó 30 minutos después del terremoto que provocó el tsunami. Solo había tres edificios de evacuación vertical designados en Ishinomaki, pero aquellos que no pudieron o no pudieron evacuar horizontalmente a un terreno elevado utilizaron más de 260 edificios para la evacuación vertical (Fraser et al., 2012).

En total, más de 50.000 personas se salvaron mediante el uso de edificios que proporcionaron suficiente altura y resistencia estructural para sobrevivir al tsunami. Esto proporciona cierto estímulo con respecto a la resistencia potencial de los edificios modernos más grandes con diseños sísmicos robustos y cimientos resistentes a la erosión y la elevación, incluso cuando no están diseñados específicamente para inundaciones por tsunamis (FEMA, 2019).

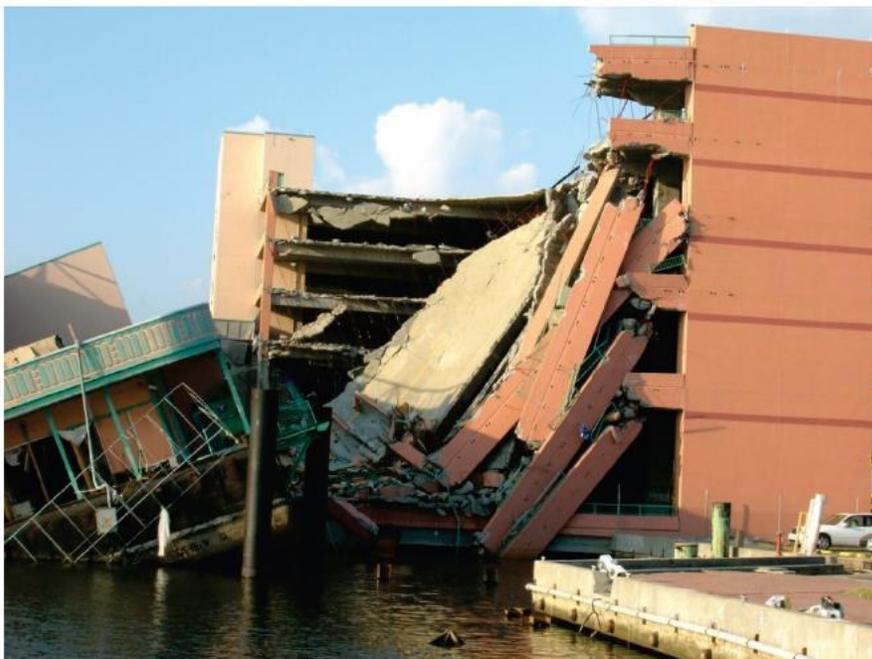
Huracán Katrina de 2005

Durante el huracán Katrina en 2005, se estimó que la marejada ciclónica máxima a lo largo de la costa del Golfo de Mississippi fue de entre 7.5 y 8.5 metros (25 y 28 pies). Esto resultó en una extensa inundación de regiones costeras bajas desde Nueva Orleans, Luisiana hasta Mobile, Alabama.

También en concordancia con las observaciones de tsunamis anteriores, el huracán Katrina ilustró los efectos del impacto de los escombros y las represas. En la estructura del estacionamiento que se muestra en la siguiente ilustración, el impacto de un casino montado en una barcaza falló en una columna de nivel inferior, lo que provocó el colapso progresivo de las partes circundantes de la estructura.

Figura 178

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)

Como se ha presentado brevemente en un extracto de varios tsunamis y huracanes que causaron inundaciones se puede que la supervivencia de los edificios varía con el tipo de construcción y la profundidad de la inundación. Aunque ciertos tipos de construcción son destruidos en gran parte por el flujo de agua a alta velocidad, hay mucha evidencia de que los sistemas estructurales diseñados apropiadamente pueden sobrevivir a la inundación del tsunami con poco más que daños no estructurales en los niveles inferiores(FEMA, 2019). Esto permite considerar la evacuación vertical como una alternativa viable como en el caso de Bahía de Caráquez 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.

Los registros de estructuras que sobrevivieron a grandes eventos de tsunamis nos demuestran que con un diseño adecuado y contemplando además otras características en Ecuador se podría construir refugios para evacuación vertical que además no se incrementaría en demasía el costo de estas consideraciones al momento de diseñarlas como ya se desarrollara más adelante. La presente guía metodológica tiene como fin brindar atributos de diseño que puedan ser tomadas en cuenta por los sectores que se encuentran bajo el riesgo de ser golpeados por un tsunami para que este sector tenga opciones de evacuación para la población y de esta manera se resguarde la vida de la misma.

En base a las observaciones obtenidas de los tsunamis y huracanes previamente mostrados se han generado varias implicaciones para el diseño e estructuras resistentes a tsunamis tomas estas implicaciones fueron tomados de la (FEMA, 2019).

- Las estructuras de evacuación verticales deben ser lo suficientemente altas para garantizar la seguridad de quienes buscan refugio, incluso si el tsunami excede el evento de tsunami de diseño. Deben ser estructuras de estructura de acero o de hormigón armado bien diseñado.
- En el caso de los peligros de tsunami generados por fuentes cercanas, las estructuras de evacuación vertical deben diseñarse para efectos de carga sísmica además de los efectos de carga de tsunami, y deben considerar los problemas de acceso, incluida la funcionalidad posterior al terremoto de los sistemas de circulación vertical (por ejemplo, ascensores, escaleras mecánicas y escaleras) y disponibilidad de energía de emergencia.

- Las estructuras de evacuación verticales deben ubicarse lejos de la zona de rompimiento de olas.
- Las fuerzas de impacto y los efectos de las represas de los escombros transportados por el agua son importantes y deben tenerse en cuenta.
- Cuando los niveles elevados del piso están sujetos a inundaciones, se deben considerar las fuerzas de levantamiento de la flotabilidad adicional debido al aire atrapado y las fuerzas hidrodinámicas verticales en la losa del piso.
- Se debe tener en cuenta la erosión alrededor de los cimientos.
- Las instalaciones eléctricas de emergencia deben contar con un suministro de combustible adecuado, ubicadas por encima del nivel de inundación anticipado o debidamente protegidas contra daños por agua.
- Debido a la incertidumbre en la naturaleza de los escombros transportados por el agua y al potencial de fuerzas muy grandes debido al impacto, se deben considerar los conceptos de colapso progresivo en el diseño de estructuras de evacuación vertical para minimizar la posibilidad de colapso desproporcionado del sistema estructural.

Recomendaciones adicionales para refugios de evacuación vertical

Para proporcionar refugio frente a las inundaciones provocadas por el tsunami, las soluciones de evacuación vertical deben tener la capacidad de recibir a un gran número de personas en un período corto de tiempo y transportarlas de manera eficiente a áreas de refugio ubicadas por encima del nivel de inundación. Las posibles soluciones de evacuación vertical pueden incluir áreas de terreno elevado de origen natural, áreas de terreno elevado artificial creadas mediante el uso de terraplenes, nuevas estructuras diseñadas específicamente para ser resistentes a los tsunamis o estructuras existentes que hayan demostrado tener la resistencia suficiente para resistir los efectos anticipados

del tsunami. En concepto, las estructuras nuevas o existentes pueden servir como estructuras de evacuación vertical, pero en general, será más difícil adaptar una estructura existente que construir una nueva estructura que sea resistente a los tsunamis (Heintz & Mahoney, 2008).

Consideraciones de ubicación, espacio y tamaño

Las estructuras de evacuación verticales deben ubicarse de manera que todas las personas designadas para refugiarse puedan llegar a la estructura dentro del tiempo disponible entre la alerta de tsunami y la inundación por tsunami. El tiempo de viaje debe tener en cuenta la circulación vertical dentro de la estructura hasta niveles por encima de tener en cuenta la circulación vertical dentro de la estructura hasta niveles por encima de la profundidad de la inundación (FEMA, 2019). El problema principal en Bahía de Caráquez es con respecto a las personas que se encuentran en la parte norte, alejados del mirador de la Cruz o del puente los Caras que son refugios que pueden proteger a las personas frente al golpe de un tsunami, estas personas que se encuentran alejadas deben optar por otras alternativas de refugios en este caso edificios que puedan soportar el tsunami, el tiempo de llegada a estos edificios es corto y la gente lograra acceder a ellos en un tiempo menor a la llegada de la ola, también mediante la construcción de escaleras exteriores que ayuden a llegar a terrazas sobre el nivel de inundación, se facilitara la circulación de las personas en un menor tiempo, 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.

A continuación, se presentan 4 recomendaciones al momento de una planificación urbanística para que a las personas les sea más fácil acceder a los refugios y de que los

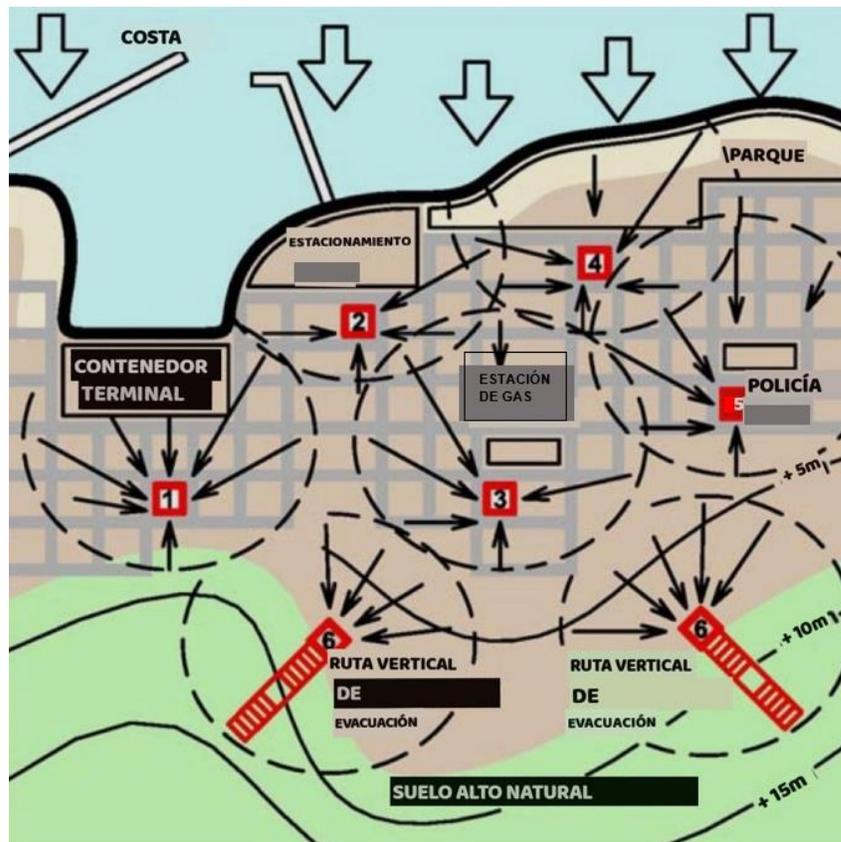
mismos se encuentren alejados de puntos peligrosos, como pueden ser estaciones de gas, puestos marítimos, escombreros. También recomendaciones en cuanto al espacio que las estructuras diseñadas como refugios deben tener a fin de brindar la máxima comodidad en la medida de lo posible.

Advertencia, tiempo de viaje y espaciado

Para determinar el número requerido y el espaciamiento de las estructuras de evacuación vertical del tsunami, los parámetros críticos son el tiempo de alerta y la capacidad ambulatoria de la comunidad circundante. Cabe recalcar que las costas de Bahía no cuentan con un sistema de alerta temprana local, lo cual disminuye en gran manera el tiempo de alerta que tendrá la población para reaccionar. La persona sana promedio puede caminar aproximadamente a 1,8 metros por segundo. Algunas personas en una comunidad, sin embargo, pueden tener una capacidad ambulatoria restringida debido a 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). Suponiendo el tiempo de alerta de 2 horas asociado con tsunamis generados en fuentes lejanas, las estructuras de evacuación vertical deben ubicarse a un máximo de 6,5 kilómetros desde cualquier punto de partida. Esto resultaría en un espacio máximo de aproximadamente 13 kilómetros entre estructuras. Suponiendo el tiempo de alerta de 30 minutos asociado con tsunamis generados cerca de una fuente, las estructuras de evacuación verticales deben ubicarse a un máximo de 1,6 kilómetros de cualquier punto de partida dado, o 3,2 kilómetros entre estructuras. El espaciamiento máximo de las estructuras de evacuación vertical para tsunamis generados por fuentes intermedias sería de entre 13 y 3,2 kilómetros. En la siguiente ilustración tomado de la (FEMA, 2019) se muestra un diseño de muestra de estructuras de evacuación verticales en una comunidad costera hipotética.

Figura 179

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

Debido a la disponibilidad limitada de posibles sitios y las limitaciones en los viajes y la movilidad de la población en una comunidad, es posible que algunas estructuras de evacuación verticales deban ubicarse en sitios que se considerarían poco ideales. Se deben considerar los peligros especialmente en las cercanías de cada sitio en el diseño

de estructuras de evacuación verticales. Los peligros potenciales del sitio incluyen fuentes de escombros grandes transportados por el agua y fuentes de materiales peligrosos transportados por el agua (Heintz & Mahoney, 2008). Un tsunami puede traer consigo todo con lo que se encuentre a su paso por lo que por ejemplo hipotético, al tener un patio de carros un tsunami arrastraría estas masas contra los refugios provocando daños a la estructura, lo mismo puede suceder si se tienen puertos con embarcaciones que puedan colapsar contra los edificios en los que la gente está refugiada, también se considera punto crítico lugares de almacenamiento de químicos o elementos inflamables que puedan prenderse y causar daño a las estructuras o lastimar a las personas directamente. La ilustración anterior muestra los peligros del sitio adyacente que podrían existir en una comunidad costera típica. En lo posible, las estructuras de evacuación verticales deben ubicarse lejos de peligros potenciales que podrían resultar en daños adicionales a la estructura y poner en riesgo la seguridad de los ocupantes.

Recomendaciones de metros cuadrados

El tamaño de una estructura de evacuación vertical depende del número previsto de ocupantes, el tipo de ocupación y la duración de la ocupación. El número de ocupantes dependerá de la población a su alrededor y del espaciamiento y número de estructuras de evacuación verticales ubicadas en el área. En Bahía de Caráquez por el momento se han considerado 4 edificios como refugios los cuales servirían exclusivamente para aquellos que se encuentran más alejados de los sitios altos o refugios para enfrentar el tsunami, aquellos que se encuentren a la misma distancia de un edificio o un lugar elevado como por ejemplo el mirador de la Cruz es mejor que acudan al mirador o al puente los Caras y así se pueda dar mayor capacidad para las personas que realmente no pueden llegar a estos sitios. La duración de la ocupación dependerá de la naturaleza del peligro y la función prevista de la instalación. Las recomendaciones de metros

cuadrados varían según la duración prevista para la estadía dentro del refugio. Cuanto más larga sea la estancia prevista en un refugio, mayor será la superficie mínima recomendada. Un refugio para personas mayormente sanas e ilesas para un evento a corto plazo requeriría la menor cantidad de metros cuadrados por ocupante. Un refugio destinado a albergar a personas enfermas o lesionadas, o para brindar atención médica continua, requeriría más metros cuadrados para acomodar camas y suministros. Y al tomar en cuenta el presente sitio de estudio es muy difícil que se puedan implementar estos elementos médicos a los edificios, por lo que esta puede ser una limitante al momento de evacuar a personas con esta condición médica ya que reduciría el reducido espacio existente hoy en Bahía de Caráquez, se recomienda a la Norma Ecuatoriana de la Construcción que se tome en cuenta la siguiente recomendación que presenta la FEMA para espacios en futuros refugios a diseñar:

Según las recomendaciones de metros cuadrados empleadas en el diseño de refugios para otros peligros, los metros cuadrados mínimos recomendados por ocupante para un refugio contra tsunamis es de alrededor de 1 metro cuadrado por persona. Se prevé que esta densidad permitirá que los evacuados tengan espacio para sentarse sin sentirse demasiado abarrotados durante un período de tiempo relativamente corto, pero no se consideraría apropiado para estadías más largas que incluyan arreglos para dormir. Este número debe ajustarse hacia arriba o hacia abajo según las necesidades específicas de ocupación del refugio en consideración (FEMA, 2019). Se busca evitar la aglomeración de personas por metro cuadrado lo cual frente a un evento como un tsunami puede causar en las personas sentimientos de ansiedad y desesperación y el cumulo de personas alrededor no ayudaría a que la calma pueda gobernar en estas circunstancias, se busca que las personas tengan un espacio de movilidad básico no como se presenta en la

siguiente ilustración lo cual a su vez estresaría la losa sobre la cual están apoyándose, si se excede el peso para el cual fue diseñada.

Figura 180

40 personas en 3,34 metros cuadrados



Nota: Tomado de Revista Harvard

Recomendaciones de altura

Para que un edificio sirva efectivamente como una estructura de evacuación vertical, es esencial que el área de refugio esté ubicada muy por encima del nivel máximo de inundación por tsunami anticipado en el sitio. 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 (FEMA, 2019). En Bahía de Caráquez 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 6 metros, más un nivel de losa, que rodea entre 2.8m y 3.20 metros de altura. Se presenta esta recomendación a la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Efectos de fuerzas del tsunami

En la tabla que se presenta a continuación se incluye un resumen de los efectos de la fuerza del tsunami que deben considerarse en el diseño de las estructuras de evacuación vertical. Algunos de estos efectos, como las fuerzas hidrostáticas y de flotación, se comprenden bien y se abordan comúnmente en estructuras expuestas al flujo de agua. Otros, como el levantamiento hidrodinámico, el impulso (oleaje) y las fuerzas de impacto de escombros, requieren una consideración especial con respecto a los tsunamis. Existe una variabilidad significativa en las alturas de los tsunamis locales, basada en la batimetría local y los efectos topográficos, y la incertidumbre en las simulaciones numéricas de la inundación del tsunami como por ejemplo la que se realizó en las costas frente a Bahía de Caráquez. Con base en el juicio empírico de los datos de encuestas de tsunamis anteriores, se recomienda que las alturas utilizadas en las

ecuaciones de fuerza de tsunamis se basen en 1,3 veces la elevación máxima pronosticada, para envolver la variabilidad potencial (Heintz & Mahoney, 2008).

Tabla 65:

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.	$F_h = p_c A_w = \frac{1}{2} \rho_s g b h_{\max}^2$
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	$F_s = 1.5 F_d$
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.	$F_i = C_m u_{\max} \sqrt{k m}$
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)

ρ_s =densidad del fluido incluyendo sedimento=1,2

ρ_w =(igual a 1200 kg / m³ = 2,33 slug/pie³)

A_w, A_f = 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

C_d = coeficiente de arrastre = 2,0

C_u = coeficiente de elevación = 3,0 (recomendado)

C_m = coeficiente de masa añadido = 2,0 (recomendado)

g = constante de aceleración gravitacional

h_{\max} = altura máxima del agua por encima de la base

hr = profundidad potencial máxima de agua retenida en un piso elevado

$h u^2$ = 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 del tsunami descritas anteriormente no ocurrirán todas al mismo tiempo; y no afectará necesariamente a un elemento estructural particular simultáneamente. Además, no se considera que las cargas sísmicas actúen simultáneamente con las cargas de tsunami. La probabilidad de que ocurra una réplica equivalente a un terremoto a nivel de diseño al mismo tiempo que la inundación máxima del tsunami se considera baja. Se deben calcular las fuerzas de tsunami que actuarán en toda la estructura y en los miembros estructurales individuales, y las fuerzas resultantes del miembro deben combinarse con los efectos de la carga de gravedad utilizando las siguientes combinaciones de carga de diseño de resistencia o sus siglas en inglés (LRFD) (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 diseño de estructuras de evacuación verticales para los efectos de la carga de tsunamis requerirá más resistencia, ductilidad y robustez de lo necesario para las estructuras de uso normal. Esto puede incluir el uso de disposiciones de detalles sísmicos, medidas preventivas de colapso progresivo, detalles personalizados de muros de separación y sistemas de cimentación más profundos (Heintz & Mahoney, 2008). Como tal, se espera que los costos de construcción estructural sean más altos para las estructuras de evacuación vertical que para otras estructuras no destinadas a este objetivo. Sin embargo, los costos estructurales son solo una fracción de los costos totales de la construcción de un edificio. Si bien no existen comparaciones directas entre el costo de una estructura convencional y el costo de una estructura resistente a los tsunamis, se puede obtener información de orden de magnitud sobre los posibles impactos en los costos a partir de evidencia anecdótica sobre las primas de costos asociadas con los

requisitos de diseño sísmico para instalaciones esenciales y estudios sobre las primas de costos asociadas con el diseño progresivo resistente al colapso (FEMA, 2019).

Teniendo en cuenta la magnitud relativa de los costos estructurales frente a los costos totales de construcción, es razonable esperar que una estructura resistente a los tsunamis, incluidas las características de diseño resistentes a los sismos y al colapso progresivo, experimente un orden de entre el 10% y el 20% de aumento de magnitud en los costos totales de construcción sobre los requeridos para los edificios de uso normal. Si bien cada proyecto será único y los costos relativos dependerán del peligro de tsunami específico y las condiciones del sitio, no se debe suponer que la incorporación de características de diseño resistentes a los tsunamis en una estructura de evacuación vertical tendrá un costo prohibitivo (Heintz & Mahoney, 2008).

Capítulo VI

Conclusiones

- La plataforma continental costera de Ecuador forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico y, por lo tanto, dentro de un área de alta actividad sísmica con alto potencial para la llegada de tsunamis tanto de foco cercano como lejano, por lo que se debe disponer de sistemas de respuesta frente a estos eventos.
- Un eventual tsunami en Bahía de Caráquez podría traer consigo olas de alturas de hasta 4,5 metros según la Interfaz de Modelo Comunitario para Tsunamis con un tiempo calculado para la llegada de la primera ola del orden de 4 a 12 minutos. El sitio seguro más cercano para las personas que se encuentren ya sea en la costa del Pacífico o en el Estuario del río Chone, está ubicado aproximadamente a 1 kilómetro de distancia, por lo que el tiempo de evacuación horizontal es de entre 16 y 24 minutos. Se concluye así que sería necesario recurrir a una evacuación vertical, en edificios que deben contar con atributos sismorresistentes además de resistir tsunamis.
- Se utilizó la metodología italiana modificada para la vulnerabilidad sísmica, además de parámetros extraídos de la Guía FEMA 2019 para evaluar la resistencia a tsunamis, con el fin de identificar y categorizar edificaciones con buen comportamiento sísmico y que sean seguras para funcionar como un refugio de evacuación vertical en caso de tsunami. Al ser éstos, métodos rápidos, es recomendable acompañar estas metodologías con otros estudios que las complementen.

- Se evaluaron los 26 edificios de más de 4 pisos presentes en Bahía de Caráquez, obteniendo que el 46.15% exhibe un índice de vulnerabilidad sísmica entre 30 y 80 según la aplicación de la metodología italiana modificada. Estos valores intermedios no permiten categorizar a la estructura ni como segura ni como vulnerable, por lo que se debe considerar realizar otros estudios adicionales, como por ejemplo, un sistema equivalente de un grado de libertad, como lo recomienda el ASCE 16. Estos estudios adicionales aportarían un dato más exacto de la vulnerabilidad sísmica de una estructura.
- Los edificios analizados en su mayoría tenían un buen sistema resistente y en algunos casos como son el edificio Akuaba, Albatros, Agua Marina, Torre Mar, el Faro, el Pirata, Mikonos, Horizonte y el Centinela, tienen un índice de vulnerabilidad sísmica inferior a 30, que los categoriza como edificios sísmicamente seguros. Sin embargo, al ser propiedades privadas, las limitaciones de acceso y escaleras hacen que sean descartados para servir como refugios de evacuación vertical, no debido a su falta de resistencia estructural frente a un tsunami o un sismo, sino más bien por su dificultad para acceder a una altura elevada en un tiempo óptimo. Para minimizar estas limitaciones de acceso se propone realizar adaptaciones a 4 edificios de modo que sean viables para una evacuación vertical.
- Después de analizar las diferentes alternativas de adaptación en edificios ya existentes para evacuación vertical ante un tsunami, la propuesta más eficiente que se plantea es la implementación de escaleras exteriores. Se diseñó una escalera exterior para un edificio de 5 pisos obteniendo un presupuesto referencial de USD \$ 19,216.42 sin IVA. Las escaleras variarán en dimensiones y número de

pisos según el edificio a ser implementado, lo que llevará consigo la variación del mencionado presupuesto referencial.

- La construcción de estructuras aptas para evacuación vertical debe considerar la máxima elevación anticipada del tsunami en el sitio, más el 30%, más un margen de borde libre de 3 metros. Además, para un tiempo de reacción de 30 minutos, debería ubicarse a un máximo de 1,6 kilómetros de cualquier punto de partida dado, o 3,2 kilómetros entre estructuras, para que una persona sana promedio que recorre 1,8 metros por segundo pueda llegar a salvo. Es clave que las estructuras de evacuación verticales se ubiquen lejos de peligros potenciales como puertos, estacionamientos o almacenes de inflamables.
- En el diseño de estructuras aptas para evacuación vertical ante tsunamis se espera que los costos de construcción estructural sean más altos que los de otras estructuras tradicionales. Considerando la magnitud relativa de los costos estructurales frente a los costos totales de construcción, se espera que una estructura resistente a tsunamis, sismos y colapso progresivo, experimente un aumento del orden de entre 10% a 20% en los costos totales de construcción sobre los requeridos para los edificios tradicionales.

Recomendaciones

- Se recomienda elaborar un plan de evacuación vertical en las zonas costeras de Ecuador, con edificios que cuenten con propiedades tsunami y sismorresistentes y que puedan brindar una evacuación vertical apropiada en cuanto a tiempos y capacidad para poder resguardar la vida de quienes no puedan recurrir a una evacuación horizontal efectiva frente a un tsunami de foco cercano.

- Se recomienda acompañar, la metodología italiana y la metodología basada en la FEMA para encontrar los índices de vulnerabilidad sísmica y frente a tsunamis respectivamente, con otros estudios que las complementen, como por ejemplo un sistema equivalente de un grado de libertad, como propone el ASCE 16.
- Se recomienda realizar acuerdos y alianzas entre el municipio y los propietarios de los edificios privados, para que se permita el acceso a las personas que se encuentran evacuando. En una modalidad, el municipio podría otorgar incentivos a los dueños de los edificios que se acojan a un plan de contingencia que permita el libre acceso.
- Se deben diseñar entradas amplias, así como escaleras con grandes amplitudes que permitan a las personas poder evacuar verticalmente con una mejor y mayor fluidez. Para edificios que ya estén construidos y no cuenten con estos atributos, se recomienda ampliar los accesos al edificio y también la circulación vertical mediante la adaptación de escaleras externas, como se sugiere en el presente trabajo.
- Se deben aplicar las normativas vigentes en nuestro país para el diseño estructural de escaleras, pues esto garantizará la seguridad de los usuarios durante una evacuación vertical. Además, se deberá tomar en cuenta el tipo de sistema constructivo de la escalera, con lo cual habrá variaciones y modificaciones al presupuesto referencial.
- Las construcciones futuras deberán estar bajo la normativa para edificaciones sismo resistentes. Además, los profesionales de la Ingeniería Civil deben trabajar en pos de la aprobación de normativa para diseños tsunami-resistentes aptos para evacuación vertical.

Referencias

Aguiar. (2018). METODOLOGÍA ITALIANA MODIFICADA PARA CALCULAR ÍNDICE DE VULNERABILIDAD.

Aguiar, & Mieles, Y. (2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. REVISTA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, Volumen 21.

Aguiar, & Zambrano, V. (2018). RELACIÓN H/T EN ESTRUCTURAS DE BAHÍA DE CARÁQUEZ Y EL TERREMOTO DE 2016. REVISTA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS.

Aroca, J., Gómez, M., Morales, E., & Romo, M. (2018). STUDY OF THE PERFORMANCE OF SEISMIC ISOLATORS OF PIER No. 12 OF THE BRIDGE" LOS CARAS", DURING THE EARTHQUAKE OF APRIL 16. Revista Internacional de Vol, 23(3), 305–339.

Barreto-Álvarez, D. E., Heredia-Rengifo, M. G., Padilla-Almeida, O., & Toulkeridis, T. (2020). Multitemporal Evaluation of the Recent Land Use Change in Santa Cruz Island, Galapagos, Ecuador. Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador, 519–534.

Benedetti, D., & Petrini, V. (1984). Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura; Proposte di un método di valutazione”, L' industria delle Costruzioni.

Berninghausen, W. H. (1962). Tsunamis reported from the west coast of South America 1562-1960. Bulletin of the Seismological Society of America, 52(4), 915–921.

Cannon, T. (1994). Vulnerability analysis and the explanation of 'natural'disasters. Disasters, Development and Environment, 1, 13–30.

Chunga, K., Livio, F., Martillo, C., Lara-Saavedra, H., Ferrario, M. F., Zevallos, I., & Michetti, A. M. (2019). Landslides triggered by the 2016 Mw 7.8 pedernales, ecuador earthquake: Correlations with ESI-07 intensity, lithology, slope and PGA-h. *Geosciences (Switzerland)*, 9(9), 371. <https://doi.org/10.3390/geosciences9090371>

Chunga, K., Mulas, M., Toulkeridis, T., Menéndez, E., & Ochoa, F. (2019). Characterization of seismogenic 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(1).

Echegaray-Aveiga, C., Rodriguez Espinosa, F., Toulkeridis, T., & Echegaray-Aveiga, R. (2019). Possible effects of potential lahars from Cotopaxi volcano on housing market prices. *Journal of Applied Volcanology*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13617-020-00093-1>

Egbue, O., & Kellogg, J. (2010). Pleistocene to present North Andean “escape.” *Tectonophysics*, 489(1–4), 248–257.

FEMA, F. E. M. A. P.-646. (2019). Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation From Tsunamis 3rd Edition. Jetty.Ecn.Purdue.Edu, August, 176. <ftp://jetty.ecn.purdue.edu/spujol/Andres/files/15-0021.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. *GNS Science*.

Glass, J. B., Fornari, D. J., Hall, H. F., Cougan, A. A., Berkenbosch, H. A., Holmes, M. L., White, S. M., & 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).

GNDT. (1986). Istruzioni per la compilazione della Scheda di Relivamento Esposizioni e Vulnerabilità Sismica Degli Edifici, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Regione Emilia Romana.

Gusiakov, V. K. (2005). Tsunami generation potential of different tsunamigenic regions in the Pacific. *Marine Geology*, 215(1–2), 3–9.

Gutscher, M.-A., Malavieille, J., Lallemand, S., & Collot, J.-Y. (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters*, 168(3–4), 255–270.

Heidarzadeh, M., Murotani, S., Satake, K., Takagawa, T., & Saito, 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.

Heintz, J. A., & Mahoney, M. (2008). Guidelines for design of structures for vertical evacuation from tsunamis. FEMA P646/June.

Herd, D. G., Youd, T. L., Meyer, H., Person, W. J., & Mendoza, C. (1981). The great tumaco, colombia earthquake of 12 december 1979. *Science*, 211(4481), 441–445.

Herrera-Enríquez, G., Toulkeridis, T., Rodríguez-Rodríguez, G., & Albuja-Salazar. (2020). Critical Factors of Business Adaptability during Resilience in Baños de Agua Santa, Ecuador, due to Volcanic Hazards. CIT, in press.

Ioualalen, M., Monfret, T., Béthoux, N., Chlieh, M., Adams, G. P., Collot, J.-Y., Bustamante, C. M., Chunga, K., Navarrete, E., & Montenegro, G. (2014). Tsunami mapping in the Gulf of Guayaquil, Ecuador, due to local seismicity. *Marine Geophysical Research*, 35(4), 361–378.

Ioualalen, 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. In *Experiencing the environment* (pp. 133–156). Springer, Boston, MA.

Keating, B. H., & McGuire, W. J. (2000). Island edifice failures and associated tsunami hazards. *Pure and Applied Geophysics*, 157(6), 899–955.

Kellogg, J. N., Vega, V., Stallings, T. C., & Aiken, C. L. V. (1995). Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: constraints from global positioning system geodetic studies and gravity. *Special Papers-Geological Society of America*, 75–75.

Lynett, P., Weiss, R., Renteria, W., Morales, G. D. L. T., Son, S., Arcos, M. E. M., & MacInnes, B. T. (2013). Coastal impacts of the March 11th Tohoku, Japan tsunami in the Galapagos Islands. *Pure and Applied Geophysics*, 170(6), 1189–1206.

McGuire, W. J. (2006). Lateral collapse and tsunamigenic potential of marine volcanoes. Geological Society, London, Special Publications, 269(1), 121–140.

Mendoza, C., & Dewey, J. W. (1984). 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. L., & Coulbourn, W. T. (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.

Morales, E., Filiatrault, A., & Aref, A. (2018). Seismic floor isolation using recycled tires for essential buildings in developing countries. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(12), 6299–6333.

NEC. (2015). NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Norio, O., Ye, T., Kajitani, Y., Shi, P., & Tatano, H. (2011). The 2011 eastern Japan great earthquake disaster: Overview and comments. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2(1), 34–42.

Pararas-Carayannis, G. (1980). Earthquake and tsunami of 12 December 1979 in Colombia. *Tsunami Newsletter*, 13(1), 1–9.

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. (2011). TSUNAMIGENIC SOURCE MECHANISM AND EFFICIENCY OF THE MARCH 11, 2011 SANRIKU EARTHQUAKE IN JAPAN. *Science of Tsunami Hazards*, 30(2).

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).

Pinter, N., & Ishman, S. E. (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).

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.

Ratzov, G., Sosson, M., Collot, J.-Y., Migeon, S., Michaud, F., Lopez, E., & Le Gonidec, Y. (2007). Submarine landslides along the North Ecuador–South Colombia convergent margin: possible tectonic control. In *Submarine mass movements and their consequences* (pp. 47–55). Springer.

Rentería, W., Lynett, P., Weiss, R., & De La Torre, G. (2012). Informe de la investigación de campo de los efectos del tsunami de Japón Marzo 2011, en las islas Galápagos.

Robayo, A., Llorca, J., & Toulkeridis, T. (2020). Territorial, Population and Economic Analysis of a Potential Volcanic Disaster in the City of Latacunga, Central Ecuador Based

on GIS Techniques—Implications and Potential Solutions. Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador, 549–563.

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).

Rodríguez, M. E. (2019). Interpretación de los daños y colapsos en edificaciones observados en la Ciudad de México en el terremoto del 19 de septiembre 2017. Scielo.Org.Mx.

Sanchez, D. R. S., Tafur, A., J. R., De la Vera, K. R., Sanchez, A. M. S., Alulema, L., A. C., A. P., & Toulkeridis, T. (2019). Use of Geotechnologies and Multicriteria Evaluation in Land Use Policy-The Case of the Urban Area Expansion of the City of Babahoyo, Ecuador. *leeexplore.ieee.Org*.

Simons, M., Minson, S. E., Sladen, A., Ortega, F., Jiang, J., Owen, S. E., Meng, L., Ampuero, J.-P., Wei, S., Chu, R., Helmberger, D. V, Kanamori, H., Hetland, E., Moore, A. W., & Webb, F. H. (2011). Supporting Online Material for The 2011 Magnitude 9.0 Tohoku-Oki Earthquake: Mosaicking the Megathrust from Seconds to Centuries. *Science.ScienceMag.Org*. <https://doi.org/10.1126/science.1206731>

Stainforth, R. (1948). Applied micropaleontology in coastal Ecuador. *JSTOR*.

Titov, V. V., Moore, C. W., Greenslade, D. J. M., Pattiaratchi, C., Badal, R., Synolakis, C. E., & Kânoğlu, U. (2011). A New Tool for Inundation Modeling: Community Modeling

Interface for Tsunamis (ComMIT). *Pure and Applied Geophysics*, 168(11), 2121–2131.
<https://doi.org/10.1007/s00024-011-0292-4>

Titov, Vasily, Kânõ Glu, U., & Synolakis, C. (2016). Development of a Model for Real-Time Tsunami Forecasting: 1 from VTCS to MOST. In *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* (Vol. 142, Issue 6). American Society of Civil Engineers (ASCE).
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WW.1943-5460.0000357](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000357)

Toulkeridis. (2011). *Volcanic Galápagos Volcánico*.

Toulkeridis. (2013). "Volcanes activos Ecuador" - Google Académico.

Toulkeridis, Chunga, K., Rentería, W., Rodriguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., Cruz D'Howitt, M., Besenzon, D., Ruiz, H., Parra, H., & Vera-Grunauer, X. (2017). "The 7.8 Mw Earthquake and Tsunami of the 16th April... - Google Académico.

Toulkeridis, Mato, F., Toulkeridis-Estrella, K., Carlos Perez Salinas, J., Tapia, S., & Fuertes, W. (2018). SCIENCE OF TSUNAMI HAZARDS EARTHQUAKE AND TSUNAMI IN ECUADOR. *Journal of Tsunami Society International*, 37(1), 34.

Toulkeridis, Parra, H., Mato, F., D'Howitt, M. C., Sandoval, W., Almeida, O. P., Rentería, W., Espinosa, F. R., Martínez, R. S., & Girón, J. C. (2017). CONTRASTING RESULTS OF POTENTIAL TSUNAMI HAZARDS IN MUISNE, CENTRAL COAST OF ECUADOR. *Science of Tsunami Hazards*, 36(1).

Toulkeridis, T., Porrás, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., M, L., Carrión, J. ., Herrera, M., Murillo, A., Perez-Salinas, J. ., Tapia, S., Fuertes, W., & 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. Elsevier.

Toulkeridis, & Zach, I. (2017). Geomatics, Natural Hazards and Risk Wind directions of volcanic ash-charged clouds in Ecuador-implications for the public and flight safety Theofilos Toulkeridis <https://orcid.org/0000-0003-1903-7914> & Imme Zach. Taylor & Francis, 8(2), 242–256. <https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1199445>

Whelan, F., & Kelletat, D. (2003). Submarine slides on volcanic islands-a source for mega-tsunamis in the Quaternary. *Progress in Physical Geography*, 27(2), 198–216.

Yeh, H. H., Robertson, I., & Preuss, J. (2005). Development of design guidelines for structures that serve as tsunami vertical evacuation sites (Vol. 4). Washington State Department of Natural Resources, Division of Geology and

Zapata, A., Sandoval, J., Zapata, J., Ordoñez, E., Suango, V., Moreno, J., Mullo, C., Tipán, E., Rodríguez, K. E., & Toulkeridis, T. (2020). Application of Quality Tools for Evaluation of the Use of Geo-Information in Various Municipalities of Ecuador. *Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador*, 420–433.