

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN
CASO DE OCURRENCIA DE TSUNAMI PARA LAS
CIUDADES DE SALINAS Y BAHÍA DE CARÁQUEZ**

Previa a la obtención de Grado Académico o Título de:

INGENIERO GEOGRAFO Y DEL MEDIO AMBIENTE

ELABORADO POR:

ANDRÉS SEBASTIÁN MATEHUS MEDINA

SANGOLQUÍ, JUNIO 2012

RESUMEN

Ecuador, forma parte del “Cinturón de Fuego del Pacífico”, una de las zonas sísmicamente más activas del planeta. Aproximadamente a 50 kilómetros al Oeste de las costas ecuatorianas, se encuentra la “fosa” oceánica, lugar en donde convergen dos placas tectónicas: la sudamericana con la del Océano Pacífico, por tanto ésta es la fuente sismogénica más importante de Sudamérica.

Los sismos con epicentros en el fondo o lecho marino, ocasionan movimientos anormales de grandes masas de agua que se perciben en las costas como olas gigantes con suficiente energía para irrumpir cientos de metros costa adentro. Este fenómeno es conocido en Japón con el nombre de “Tsunami” o “Gran ola en puerto”.

En las costas ecuatorianas, desde 1906 a la fecha se han registrado al menos 6 eventos tsunamigénicos, de los cuales el más catastrófico fue el de 1906 que afectó a la naciente ciudad de Esmeraldas.

Para esta investigación se seleccionó a las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez, ya que un porcentaje importante de sus pobladores no tienen el tiempo necesario para salir de las zonas de riesgo. El presente trabajo se orientó a obtener un modelo de evacuación vertical a fin de salvaguardar la vida de sus habitantes y a realizar un análisis de vulnerabilidad que permita orientar acciones para una adecuada gestión del riesgo.

SUMMARY

Ecuador is located in the "the Pacific Ring of Fire", one of the seismically most active areas of the planet. Approximately 50 kilometers offshore Ecuador, is located the oceanic trench, a place where two tectonic plates converge: the South America Plate with the Pacific Ocean plate, therefore this is the most important seismogenic source zone in South America.

Earthquakes with seabed epicenters, cause abnormal movements of large masses of water that can be seen in the coasts as giant waves with enough energy to break through hundreds of meters onshore. This phenomenon is well known in Japan as "Tsunami".

In Ecuador, from 1906 to date there have been at least 6 like tsunami events, of which the most devastating was in 1906 that affected the Esmeraldas coast.

For this research we selected the cities of Salinas and Bahía de Caráquez, because a large percentage of its residents may not evacuate in time in a tsunami event. The present work was aimed at obtaining a model of vertical evacuation in order to safeguard the lives of its inhabitants and vulnerability analysis, to guide actions for proper risk management.

CERTIFICACIÓN

Ing. Oswaldo Padilla A.

Ing. Mario Cruz D.

Certifican:

Que el trabajo titulado “**MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN CASO DE OCURRENCIA DE TSUNAMI PARA LAS CIUDADES DE SALINAS Y BAHÍA DE CARÁQUEZ**”, realizado por Andrés Sebastián Matehus Medina, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que el presente proyecto de grado constituye un insumo básico para la realización de un plan de contingencia para las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez, que tendrá como finalidad principal el salvar la mayor cantidad de vidas humanas; **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Andrés Sebastián Matehus Medina que lo entregue a Ing. Francisco León, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 13 de junio de 2012

Ing. Oswaldo Padilla A.

DIRECTOR

Ing. Mario Cruz D.

CODIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Andrés Sebastián Matehus Medina

Declaro que:

El proyecto de grado denominado “**MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN CASO DE OCURRENCIA DE TSUNAMI PARA LAS CIUDADES DE SALINAS Y BAHÍA DE CARÁQUEZ**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 13 de junio de 2012

Andrés Sebastián Matehus Medina

AUTORIZACIÓN

Andrés Sebastián Matehus Medina

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN CASO DE OCURRENCIA DE TSUNAMI PARA LAS CIUDADES DE SALINAS Y BAHÍA DE CARÁQUEZ**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 13 de junio de 2012

Andrés Sebastián Matehus Medina

DEDICATORIA

A mi papá, Edgar, por enseñarme el valor de la creatividad, habilidad, iniciativa y por brindarme siempre una sonrisa.

A mi mamá, Blanca, por enseñarme el valor de la constancia, responsabilidad, honestidad y por nunca perder la fe en mí.

A mi hermano, Santiago, por ser mi amigo, mi compañero y darme un ejemplo a seguir.

Esto es por y para ustedes, son mi vida.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento:

A la Escuela Politécnica del Ejército, por formar profesionales con criterio y de principios intachables, que sin duda son un aporte para el desarrollo país.

A mis padres y hermano, solo puedo decirles que todo lo que soy y he conseguido fue gracias a ustedes, los amo.

A mi Director y Codirector de tesis, Ing. Oswaldo Padilla e Ingeniero Mario Cruz, por su valiosa guía, paciencia y disposición para elaborar el presente proyecto de grado.

A Stephanie, por ser parte de mi vida, llenar mi corazón de alegría y darme su amor cada día.

A todas las personas, amigos (as), que durante este largo camino compartieron conmigo experiencias, conocimientos, dificultades y alegrías.

Andrés

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I

| | |
|--|----------|
| GENERALIDADES | 1 |
| 1.1 UBICACIÓN..... | 1 |
| 1.2 ANTECEDENTES | 2 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA | 3 |
| 1.4 OBJETIVOS | 5 |
| 1.4.1 OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 1.5 METAS | 6 |
| 1.6 ALCANCE..... | 6 |
| 1.7 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO..... | 7 |
| 1.7.1 SALINAS | 7 |
| 1.7.2 BAHÍA DE CARÁQUEZ | 10 |

CAPITULO II

| | |
|--|-----------|
| MARCO TEÓRICO | 13 |
| 2.1 TSUNAMI | 13 |
| 2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE UN TSUNAMI | 14 |
| 2.1.2 GENERACIÓN DE UN TSUNAMI | 16 |
| 2.1.3 PROPAGACIÓN DE UN TSUNAMI | 17 |
| 2.1.4 COMPORTAMIENTO DE UN TSUNAMI AL LLEGAR A LA COSTA..... | 17 |
| 2.1.5 ALTURA DE LA OLA, RUN-UP Y RUN-OFF | 18 |
| 2.1.6 MAGNITUD DE UN TSUNAMI | 19 |
| 2.1.7 TIPOS DE TSUNAMI | 19 |
| 2.1.8 EFECTOS DE UN TSUNAMI | 21 |
| 2.1.9 LUGARES MÁS PROPENSOS A LA AFECTACIÓN DE UN TSUNAMI..... | 23 |
| 2.1.10 TSUNAMIS REGISTRADOS EN EL ECUADOR | 24 |
| 2.2 DEFINICIONES SOBRE SISMO RESISTENCIA | 27 |
| 2.2.1 SISMO | 27 |
| 2.2.2 SISMICIDAD EN EL ECUADOR..... | 28 |
| 2.2.3 SISMO RESISTENCIA | 28 |
| 2.2.4 PRINCIPIOS DE LA SISMO RESISTENCIA..... | 29 |
| 2.3 DEFINICIONES SOBRE LA GESTIÓN DE RIESOS..... | 32 |
| 2.3.1 RIESGO | 33 |
| 2.3.2 AMENAZA..... | 33 |
| 2.3.3 VULNERABILIDAD | 33 |

| | |
|---|----|
| 2.3.3.1 CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDADES..... | 35 |
| 2.3.4 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE VULNERABILIDAD | 37 |
| 2.4 ANÁLISIS DE REDES..... | 38 |
| 2.4.1 ACCESIBILIDAD | 38 |
| 2.4.2 EVACUACIÓN..... | 40 |

CAPITULO III

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO

| | |
|---|-----------|
| RESISTENCIA | 41 |
| 3.1 METODOLOGÍA PARA LA DELIMITACIÓN EL ÁREA DE ESTUDIO | 41 |
| 3.1.1 TIEMPO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA | 41 |
| 3.1.2 ALTURA DE LA OLA | 43 |
| 3.1.3 TIEMPOS DE EVACUACIÓN..... | 44 |
| 3.1.4 DETERMINACIÓN DEL ÁREA CRÍTICA..... | 46 |
| 3.2 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA | 48 |
| 3.2.1 CONSIDERACIONES DE SISMO RESISTENCIA..... | 48 |
| 3.2.2 CONSIDERACIONES DE ELEVACIÓN | 54 |
| 3.2.3 CONSIDERACIONES DE PELIGROSIDAD CERCANA | 56 |
| 3.2.4 CONSIDERACIONES DE ESPACIAMIENTO | 63 |
| 3.2.5 CONSIDERACIONES HISTÓRICAS..... | 66 |
| 3.3 RESULTADOS | 68 |
| 3.3.1 RESULTADOS DE LA DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 68 |
| 3.3.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA | 70 |
| 3.3.2.1 INVENTARIO DE EDIFICACIONES | 70 |
| 3.3.2.2 MAPA DE SISMO RESISTENCIA | 71 |
| 3.3.2.3 PUNTOS DE SEGURIDAD..... | 73 |

CAPITULO IV

| | |
|--|-----------|
| ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD | 76 |
| 4.1 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD | 76 |
| 4.1.1 FICHA DE CAPTURA DE INFORMACIÓN | 76 |
| 4.1.2 DISEÑO DE LA MATRIZ DE VULNERABILIDAD | 78 |
| 4.1.3 TABULACIÓN DE DATOS | 79 |
| 4.2 RESULTADOS | 81 |
| 4.2.1 MATRIZ DE VULNERABILIDAD..... | 81 |
| 4.2.2 MAPA DE VULNERABILIDAD | 82 |

CAPITULO V

| | |
|--|------------|
| MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL | 103 |
| 5.1 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ESCENARIOS | 103 |
| 5.2 METODOLOGÍA PARA OBTENER EL MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL | 107 |
| 5.2.1 DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE COBERTURA DE EVACUACIÓN (ACE).... | 108 |
| 5.2.2 RUTAS MÁS CORTAS | 113 |
| 5.2.3 MODELO DE TIEMPOS DE MOVILIZACIÓN | 116 |
| 5.2.4 MODELO DE ACCESIBILIDAD | 118 |
| 5.3 RESULTADOS | 122 |
| 5.3.1 ESCENARIOS | 122 |
| 5.3.2 ÁREAS DE COBERTURA DE EVACUACIÓN (ACE) | 123 |
| 5.3.3 ACCESIBILIDAD | 130 |
| 5.3.4 TIEMPOS DE MOVILIZACIÓN | 136 |
| 5.3.5 RUTAS DE EVACUACIÓN..... | 141 |

CAPITULO VI

| | |
|-------------------------------------|------------|
| RESULTADOS GENERALES | 146 |
| 6.1 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS | 146 |
| 6.2 CONCLUSIONES | 154 |
| 6.3 RECOMENDACIONES | 156 |
| BIBLIOGRAFÍA | 159 |
| SITIOS WEB | 160 |
| ANEXOS | 161 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 2.1.- Clasificación de tsunamis según altura de ola y daños..... | 19 |
| Tabla 3.2.- Edificios sismo resistentes del área de estudio de Salinas..... | 52 |
| Tabla 3.3.- Edificios sismo resistentes del área de estudio de Bahía de Caráquez.. | 53 |
| Tabla 3.4.- Tiempos de llegada de la primera ola del tsunami..... | 68 |
| Tabla 4.5.- Vulnerabilidades obtenidas..... | 79 |
| Tabla 5.6.- Tiempos de ascenso..... | 104 |
| Tabla 5.7.- Tiempos para llegar a una zona segura..... | 104 |
| Tabla 5.8.- Escenarios para la ciudad de Salinas..... | 105 |
| Tabla 5.9.- Escenarios para la ciudad de Bahía de Caráquez..... | 106 |
| Tabla 5.10.- Escenarios totales..... | 123 |
| Tabla 5.11.- Densidad poblacional de Salinas..... | 124 |
| Tabla 5.12.- Densidad poblacional en época vacacional de Salinas..... | 124 |
| Tabla 5.13.- Atributos de las ACE (primer escenario) de Salinas..... | 125 |
| Tabla 5.14.- Atributos de las ACE (segundo escenario) de Salinas..... | 127 |
| Tabla 5.15.- Cifras finales de evacuación de Salinas..... | 128 |
| Tabla 5.16.- Densidad poblacional de Bahía de Caráquez..... | 128 |
| Tabla 5.17.- Atributos de las ACE de Bahía de Caráquez..... | 129 |
| Tabla 5.18.- Cifras finales de evacuación de Bahía de Caráquez..... | 130 |
| Tabla 5.19.- Descripción del modelo de accesibilidad para el primer escenario de Salinas..... | 131 |
| Tabla 5.20.- Descripción del modelo de accesibilidad para Bahía de Caráquez.... | 135 |
| Tabla 5.21.- Descripción del modelo de movilización para el primer escenario de Salinas..... | 137 |
| Tabla 5.22.- Descripción del modelo de movilización para Bahía de Caráquez.... | 139 |
| Tabla 5.23.- Descripción del modelo de rutas de evacuación para el primer escenario de Salinas..... | 142 |
| Tabla 5.24.- Descripción del modelo de rutas de evacuación para Bahía de Caráquez..... | 144 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1.- Ubicación de las zonas de estudio | 2 |
| Figura 1.2.- Parroquias del cantón Salinas..... | 8 |
| Figura 1.3.- Vista aérea de la ciudad de Bahía de Caráquez | 10 |
| Figura 2.4.- Comportamiento de la ola con un declive bajo | 15 |
| Figura 2.5.- Comportamiento de la ola con un declive abrupto | 16 |
| Figura 2.6.- Proceso de generación de un tsunami | 16 |
| Figura 2.7.- Retiro del mar antes de la llegada de un tsunami | 18 |
| Figura 2.8.- Efectos de un tsunami..... | 21 |
| Figura 2.9.- Antes y después del tsunami de Indonesia del 2004 | 22 |
| Figura 2.10.- Efectos de la licuación de los suelos a causa de un tsunami..... | 23 |
| Figura 2.11.- Azul = Cordilleras oceánicas, Rojo = Zonas de subducción | 24 |
| Figura 2.12.- Tsunamis ocurridos en las costas de Ecuador, según magnitud y distancia | 25 |
| Figura 2.13.- Máximos niveles de sismicidad para el litoral ecuatoriano | 29 |
| Figura 2.14.- Análisis de redes | 39 |
| Figura 3.15.- Tiempos de llegada del tsunami a la ciudad de Salinas | 42 |
| Figura 3.16.- Tiempos de llegada del tsunami para de Bahía de Caráquez | 43 |
| Figura 3.17.- Área de inundación para Salinas..... | 44 |
| Figura 3.18.- Área de inundación para Bahía de Caráquez | 45 |
| Figura 3.19.- Puntos de evacuación y seguridad para Salinas..... | 45 |
| Figura 3.20.- Puntos de evacuación y seguridad para Bahía de Caráquez | 46 |
| Figura 3.21.- Zona de evacuación vertical de Salinas | 47 |
| Figura 3.22.- Zona de evacuación vertical de Bahía de Caráquez | 47 |
| Figura 3.23.- Ficha de captura de información para sismo resistencia..... | 49 |
| Figura 3.24.- Edificios sismo resistentes de Salinas | 53 |
| Figura 3.25.- Edificios sismo resistentes de Bahía de Caráquez | 54 |
| Figura 3.26.- Discriminación de edificios por altura mínima de Bahía de Caráquez. | 56 |
| Figura 3.27.- Discriminación de edificios por vecindad de estructuras inestables de Salinas | 58 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3.28.- Imagen satelital del Salinas Yatch Club | 59 |
| Figura 3.29.- Discriminación de edificios por potenciales daños por escombros, en Salinas | 60 |
| Figura 3.30.- Discriminación de edificios por potenciales daños por escombros, en Bahía | 61 |
| Figura 3.31.- Discriminación de edificios por Línea de Costa de Salinas | 62 |
| Figura 3.32.- Discriminación de edificios por accesos inferiores de Salinas | 64 |
| Figura 3.33.- Discriminación de edificios por accesos inferiores de Bahía de Caráquez | 65 |
| Figura 3.34.- Grado de afectación de las edificaciones de Bahía de Caráquez | 67 |
| Figura 3.35.- Discriminación de edificios por datos históricos en Bahía | 68 |
| Figura 3.36.- Delimitación del área de estudio de Salinas..... | 69 |
| Figura 3.37.- Delimitación del área de estudio de Bahía de Caráquez..... | 70 |
| Figura 3.38.- Edificaciones sismo resistentes de Salinas | 72 |
| Figura 3.39.- Edificaciones sismo resistentes de Bahía de Caráquez | 73 |
| Figura 3.40.- Puntos de seguridad de Salinas..... | 74 |
| Figura 3.41.- Puntos de seguridad de Bahía de Caráquez | 75 |
| Figura 4.42.- Fragmento de la ficha de captura de información | 77 |
| Figura 4.43.- Fragmento de la matriz de vulnerabilidad | 78 |
| Figura 4.44.- Fragmento de la matriz de valores ponderados | 80 |
| Figura 4.45.- Fragmento de la matriz de valores de vulnerabilidad parcial | 80 |
| Figura 4.46.- Fragmento de la matriz de vulnerabilidad total por ficha | 81 |
| Figura 4.47.- Imagen satelital de la zona de estudio en la ciudad de Salinas | 83 |
| Figura 4.48.- Mapa de vulnerabilidad total de Salinas | 83 |
| Figura 4.49.- Vulnerabilidad total de Bahía de Caráquez | 93 |
| Figura 5.50.- Ingreso de coberturas y parámetros en la herramienta Clip | 108 |
| Figura 5.51.- Creación de campos e ingreso del valor de velocidad | 109 |
| Figura 5.52.- Ejes viales con tiempos de movilización | 110 |
| Figura 5.53.- Herramienta Find Service Area | 111 |
| Figura 5.54.- Ingreso de escenarios en minutos..... | 111 |
| Figura 5.55.- Áreas de cobertura de evacuación (ACE), para cada punto de seguridad | 112 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.56.- Áreas de cobertura de evacuación delimitadas..... | 112 |
| Figura 5.57.- Extracción de puntos de evacuación | 113 |
| Figura 5.58.- Obtención de rutas más cortas (movilización)..... | 114 |
| Figura 5.59.- Tabla de atributos de rutas más cortas (movilización) | 114 |
| Figura 5.60.- Obtención de rutas más cortas (accesibilidad)..... | 115 |
| Figura 5.61.- Tabla de atributos de rutas más cortas (accesibilidad) | 116 |
| Figura 5.62.- Conexión de tablas, a través de la herramienta Join, movilización ... | 116 |
| Figura 5.63.- Herramienta de interpolación IDW, movilización | 117 |
| Figura 5.64.- Parámetros de interpolación para tiempos de movilización | 117 |
| Figura 5.65.- Modelo de tiempos de movilización..... | 118 |
| Figura 5.66.- Conexión de tablas a través de la herramienta Join, accesibilidad ... | 119 |
| Figura 5.67.- Herramienta de interpolación IDW, accesibilidad..... | 119 |
| Figura 5.68.- Parámetros de interpolación para tiempos de accesibilidad | 120 |
| Figura 5.69 Modelo de tiempos de accesibilidad | 120 |
| Figura 5.70.- Obtención de valores accesibilidad normalizados..... | 121 |
| Figura 5.71.- Modelo de tiempos de accesibilidad en porcentaje | 122 |
| Figura 5.72.- Áreas de cobertura de evacuación (ACE), del primer escenario de Salinas | 125 |
| Figura 5.73.- Áreas de cobertura (ACE) del segundo escenario de Salinas | 126 |
| Figura 5.74.- Área urbana dentro de la zona de evacuación vertical de Salinas | 127 |
| Figura 5.75.- Áreas de cobertura (ACE) de Bahía de Caráquez | 129 |
| Figura 5.76.- Modelos de accesibilidad para el primer escenario de Salinas | 131 |
| Figura 5.77.- Modelos de accesibilidad para el segundo escenario de Salinas | 133 |
| Figura 5.78.- Modelos de accesibilidad de Bahía de Caráquez | 134 |
| Figura 5.79.- Modelos de tiempos de movilización, primer escenario de Salinas... | 136 |
| Figura 5.80.- Modelos de tiempos de movilización, segundo escenario de Salinas | 139 |
| Figura 5.81.- Modelos de tiempos de movilización de Bahía de Caráquez | 141 |
| Figura 5.82.- Estrella de Vulnerabilidades para Salinas | 147 |
| Figura 5.83.- Modelo de evacuación vertical para Edificio Equinoccio | 149 |
| Figura 5.84.- Estrella de Vulnerabilidades para Bahía de Caráquez | 150 |
| Figura 5.85.- Modelo de evacuación vertical para Edificio Akuaba | 153 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|-----|
| Fotografía 1.1.- Infraestructura presente en Mar Bravo | 9 |
| Fotografía 1.2.- Muro de enrocado, malecón de Salinas | 9 |
| Fotografía 1.3.- Puente Bahía - San Vicente..... | 11 |
| Fotografía 1.4.- Tipo de viviendas del barrio “La Cruz” | 12 |
| Fotografía 3.5.- Distancia corta entre 2 edificios con diferentes comportamientos sísmicos | 57 |
| Fotografía 3.6.- Ingreso inferior edificio Phoenix..... | 64 |
| Fotografía 3.7.- Restricciones e impedimentos en accesos inferiores | 66 |
| Fotografía 3.8.- Restricciones e impedimentos en accesos inferiores | 66 |
| Fotografía 4.9.- Servicios comunales del edificio Riviera del Mar (Salinas) | 85 |
| Fotografía 4.10.- Tipo de viviendas en la zona central de Salinas | 86 |
| Fotografía 4.11.- “Salinas Aqa Club” | 88 |
| Fotografía 4.12.- Estado de vías de Salinas | 89 |
| Fotografía 4.13.- Construcciones mixtas en la zona de alta vulnerabilidad | 91 |
| Fotografía 4.14.- Vista aérea de la zona de estudio en la ciudad de Bahía de Caráquez..... | 92 |
| Fotografía 4.15.- Viviendas ubicadas entre edificios en el “Malecón Virgilio Ratti” .. | 94 |
| Fotografía 4.16.- Zona central del área de estudio en Bahía de Caráquez..... | 95 |
| Fotografía 4.17.- Tipo de viviendas en la zona central del área de estudio | 96 |
| Fotografía 4.18.- Personas divirtiéndose durante una marejada..... | 97 |
| Fotografía 4.19.- Avenidas amplias y bien conservadas en el área de estudio | 98 |
| Fotografía 4.20.- Muro de protección en el sector Oeste del malecón..... | 99 |
| Fotografía 4.21.- Cisternas en la zona de vulnerabilidad baja | 100 |
| Fotografía 4.22.- Centro de salud | 101 |
| Fotografía 4.23.- Av. Simón Bolívar (sector central de Bahía de Caráquez)..... | 102 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A1.-** Área de estudio de Salinas.
- Anexo A2.-** Área de estudio de Bahía de Caráquez.
- Anexo A3.-** Inventario de edificaciones de Salinas.
- Anexo A4.-** Inventario de edificaciones de Bahía de Caráquez.
- Anexo A5.-** Mapa de sismo resistencia de Salinas.
- Anexo A6.-** Mapa de sismo resistencia de Bahía de Caráquez.
- Anexo A7.-** Mapa de puntos de seguridad de Salinas.
- Anexo A8.-** Mapa de puntos de seguridad de Bahía de Caráquez.
- Anexo B9.-** Matriz de vulnerabilidad de Salinas.
- Anexo B10.-** Matriz de vulnerabilidad de Bahía de Caráquez.
- Anexo B11.-** Mapa de vulnerabilidad socioeconómica de Salinas.
- Anexo B12.-** Mapa de vulnerabilidad infraestructura física de Salinas.
- Anexo B13.-** Mapa de vulnerabilidad servicios básicos de Salinas.
- Anexo B14.-** Mapa de vulnerabilidad servicios comunitarios de Salinas.
- Anexo B15.-** Mapa de vulnerabilidad por percepción del riesgo de Salinas.
- Anexo B16.-** Mapa de vulnerabilidad vías de comunicación de Salinas.
- Anexo B17.-** Mapa de vulnerabilidad socioeconómica de Bahía de Caráquez.
- Anexo B18.-** Mapa de vulnerabilidad infraestructura física de Bahía de Caráquez.
- Anexo B19.-** Mapa de vulnerabilidad servicios básicos de Bahía de Caráquez.
- Anexo B20.-** Mapa de vulnerabilidad de servicios comunitarios de Bahía de Caráquez.
- Anexo B21.-** Mapa de vulnerabilidad por percepción del riesgo de Bahía de Caráquez.
- Anexo B22.-** Mapa de vulnerabilidad vías de comunicación de Bahía de Caráquez.
- Anexo B23.-** Mapa de vulnerabilidad total de Salinas.
- Anexo B24.-** Mapa de vulnerabilidad total de Bahía de Caráquez.
- Anexo B25.-** Estrella de vulnerabilidad total de Salinas.
- Anexo B26.-** Estrella de vulnerabilidad total de Bahía de Caráquez.
- Anexo C27.-** Mapa de ACE para el primer escenario de Salinas.

Anexo C28.- Mapa de ACE para el segundo escenario de Salinas.

Anexo C29.- Mapa de ACE de Bahía de Caráquez.

Anexo C30.- Mapa de accesibilidad para el primer escenario de Salinas.

Anexo C31.- Mapa de accesibilidad para el segundo escenario de Salinas.

Anexo C32.- Mapa de accesibilidad de Bahía de Caráquez.

Anexo C33.- Mapa de movilización para el primer escenario de Salinas.

Anexo C34.- Mapa de movilización para el segundo escenario de Salinas.

Anexo C35.- Mapa de movilización de Bahía de Caráquez.

NOMENCLATURA UTILIZADA

| | |
|---------------|---|
| CCO | Comisión Colombiana del Océano. |
| ESPE | Escuela Politécnica del Ejército. |
| FEMA | Federal Emergency Management Agency. |
| GAD | Gobierno Autónomo Descentralizado. |
| GPS | Global Position System. |
| IDW | Inverse Distance Weighted. |
| INEC | Instituto Nacional de Estadística y Censos. |
| INOCAR | Instituto Oceanográfico de la Armada. |
| MDT | Modelo Digital del Terreno. |
| PCAD | Dirección Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres. |
| SHOA | Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. |
| SNGR | Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. |
| UTM | Universal Transversa de Mercator. |
| UNESCO | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. |

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN

El litoral ecuatoriano es mejor conocido como región costa, es una de las 4 regiones naturales del Ecuador y está conformada por las provincias de Guayas, Santa Elena, Manabí, Esmeraldas, Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, todas estas tienen acceso al mar a excepción de la provincia de Santo Domingo. El territorio de la costa posee gran riqueza natural al estar formada por valles y llanuras fértiles, colinas, cuencas sedimentarias y colinas de poca altitud acompañados de un clima cálido y vegetación exuberante; a su vez cuenta con 640 kilómetros de costa lo cual constituye un gran recurso de explotación turística ya que cuenta con balnearios y playas muy atractivos para los turistas nacionales e internacionales, de acuerdo a estas características se destacan las provincias de Esmeraldas, Manabí y Guayas, hecho por el cual la población de estas, se incrementa ostensiblemente en época vacacional.

Las Ciudades de la costa ecuatoriana seleccionadas para esta investigación fueron Salinas, ubicada en la provincia de Santa Elena, coordenadas: $81^{\circ} 0' 0''$ W y $2^{\circ} 10' 49''$ S y Bahía de Caráquez, en la provincia de Manabí, en las coordenadas $80^{\circ} 25' 33''$ W y $0^{\circ} 35' 55''$ S. (Figura 1.1)

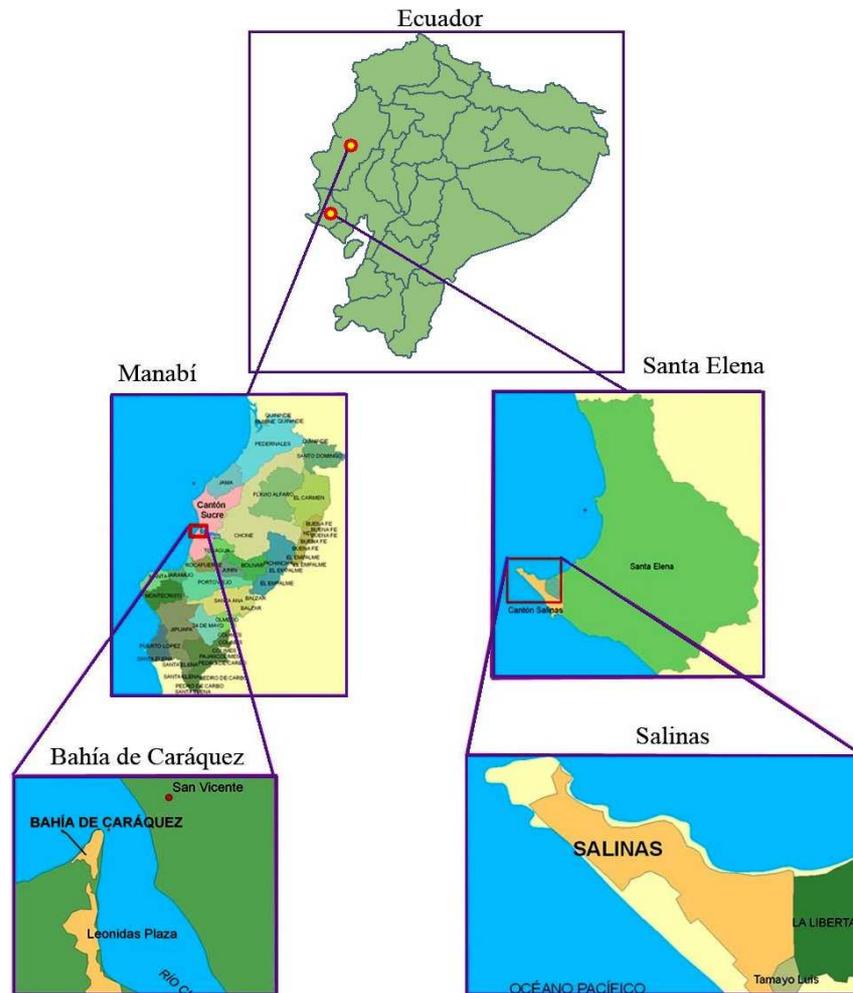


Figura 1.1 Ubicación de las zonas de estudio.

1.2 ANTECEDENTES

Ecuador, debido a su posición geográfica, forma parte del llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, una de las zonas sísmicamente más activas del planeta.

Aproximadamente a 50 kilómetros al Oeste de las costas ecuatorianas, se encuentra la “fosa” oceánica, lugar en donde convergen dos placas tectónicas: la Sudamericana con la del Océano Pacífico, en permanente choque, por tanto, ésta es la fuente sísmogenética más importante de Sudamérica. (Cruz M., Acosta M. *et. al.*, 1992).

Los sismos con epicentros en el fondo o lecho marino y relativamente superficiales; es decir, con hipocentros que no sobre pasen los 60 kilómetros de profundidad, ocasionan movimientos anormales de grandes masas de agua que se perciben en las costas como olas gigantes que se abaten sobre las playas con suficiente energía para irrumpir cientos de metros costa adentro. Este fenómeno, muy conocido en Japón, se conoce con el nombre de “Tsunami” o “Gran ola en puerto”.

Desde 1906 a la fecha, se han registrado al menos 6 eventos tsunamigénicos en las costas ecuatorianas con alturas promedio apenas superiores a los 2 metros, por lo que han pasado casi inadvertidas para la población, con excepción del gran tsunami de 1906 que afectó a la naciente ciudad de Esmeraldas, que según versiones de sus habitantes, prácticamente desapareció entre las turbulentas aguas¹.

La Dirección Nacional de Defensa Civil, en cumplimiento de la misión encomendada, auspició, desde el año de 1992 hasta el 2000, la elaboración de Cartas – croquis de Amenazas por Tsunamis y en las poblaciones costeras de las Provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, El Oro y Guayas y realizó estudios de vulnerabilidad en la mayoría de poblaciones costeras en las provincias indicadas.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Este tipo de evento natural, recientemente conocido por la afectación causada en Chile (Febrero 2010), y Japón (Marzo 2011), justifican la necesidad de mitigar los daños que podrían causar estos eventos adversos en nuestras costas, en especial

¹ Dirección Nacional de Defensa Civil, 1992.

en ciudades como Bahía de Caráquez y Salinas que están catalogadas como balnearios de gran atracción turística en el ámbito nacional y sub-regional.

Su infraestructura hotelera es de primera calidad, además de poseer una importante densidad poblacional a nivel cantonal (143,55 Hab/km² para Bahía y 1007,40 Hab/km² para Salinas)².

La ocurrencia de un evento tsunamigénico en estas ciudades causaría gran afectación debido a que la mayor parte de sus habitantes está asentada en zonas de alto riesgo de inundación por tsunami además de que los tiempos de evacuación de la población son mayores a los de llegada de la primera ola (Alvear J, Padilla O, *et al.*, 2010), por consiguiente la única opción para salvaguardar sus vidas constituye la evacuación vertical hacia edificios e infraestructura sismo resistente ubicada en sitios cercanos a su habitual lugar de residencia.

Mediante este análisis se identificó como primordial importancia el dar una opción de evacuación a la mayor cantidad de pobladores del área de estudio, de allí que esta investigación se orientó a la creación de un modelo de accesibilidad y evacuación vertical, para simular las variables que podrían facilitar o entorpecer dicho tipo de evacuación en las dos ciudades mencionadas, además de un análisis de vulnerabilidad que permita minimizar los efectos adversos en la población y facilitar la administración del desastre.

Actualmente las herramientas geoinformáticas (GIS), nos permiten combinar diversas variables y crear distintos escenarios con la finalidad de encontrar la solución más

² Censo poblacional 2010, INEC.

adecuada y óptima a la realidad existente en la zona de estudio, ante la eventual ocurrencia de un fenómeno de esta naturaleza.

Para la Secretaría Nacional de la Gestión del Riesgo (SNGR) será de mucha utilidad la información generada en esta investigación para planificar acciones de gestión del riesgo (prevención y mitigación) dirigidas a proteger la integridad física de la población y sus bienes.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Crear de un modelo de evacuación horizontal y vertical para las ciudades de Bahía de Caráquez y Salinas utilizando herramientas Geoinformáticas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un inventario de edificaciones en cuanto a sismo-resistencia de las zonas en las cuales no es posible realizar una evacuación horizontal.
- Identificar los puntos de seguridad de cada área de estudio.
- Identificar las áreas de influencia para eventos tipo tsunami y las zonas de mayor y menor vulnerabilidad en el área de estudio.
- Generar elementos cartográficos temáticos necesarios para el manejo de la información levantada.
- Generar un modelo de accesibilidad, tiempos de movilización y rutas de evacuación.

1.5 METAS

- Dos mapas de vulnerabilidad escala 1:10.000 y dos matrices de vulnerabilidad de tsunamis de las Ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez.
- Dos inventarios de edificaciones y de sismo-resistencia de las zonas donde no es posible la evacuación horizontal de las Ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez.
- Tres Mapas temáticos de cada Ciudad involucrada en el estudio; es decir, Salinas y Bahía de Caráquez:
 - Sismo-resistencia de estructuras en zonas en las cuales no es posible la evacuación horizontal, escala 1:10.000.
 - Áreas de cobertura de edificaciones, escala 1:10.000.
 - Mapa de tiempos de movilización de la población en caso de ocurrencia de un tsunami por cada ciudad de la zona de estudio,
- Un modelo de accesibilidad y un mapa de evacuación para cada ciudad sujeto del estudio; es decir, Salinas y Bahía de Caráquez.

1.6 ALCANCE

El desarrollo del proyecto se encamina a identificar las vulnerabilidades de la población a fin de recudir el nivel de riesgo a la que están sometidas, y a precautelar la integridad física de la población de manera inmediata, a la primera alerta de tsunami en las costas de las ciudades seleccionadas, dándoles la opción más adecuada y la ruta más óptima de evacuación hacia los edificios con una altura

mayor a 4 pisos, a la población que no pueda llegar a una zona segura antes de que la primera onda del tsunami toque suelo continental. El resultado final del proyecto proporcionará una información de muy alto valor que retroalimentará a los municipios de otras ciudades costeras que puedan atravesar por la misma emergencia.

El alcance de este proyecto es de carácter local, sin embargo la metodología utilizada es compatible para la utilización a nivel regional en las distintas ciudades costeras ya que la principal variable es la matriz de vulnerabilidad, porque cada ciudad posee distintas características, fortalezas y debilidades, que pueden ser aprovechadas u optimizadas en el ámbito de gestión de riesgos.

1.7 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.7.1 Salinas

Ubicada en la península de Santa Elena, accidente geográfico que constituye el extremo más occidental del litoral ecuatoriano, en la provincia del mismo nombre. El cantón Salinas está conformado por seis parroquias, cuatro urbanas: Carlos Larrea, Alberto Gallo, Vicente Rocafuerte y Santa Rosa y dos rurales: José Luis Tamayo y Anconcito.

Dentro de las parroquias que se muestran en la figura 1.2, la zona en la cual la única opción que tiene la población de llegar a una zona segura (evacuación vertical), es el área comprendida entre las parroquias: Alberto Enríquez Gallo y Carlos Larrea. En el área indicada se encuentra una alta densidad de edificaciones que superan los cuatro pisos de altura, los cuales servirán como puntos de seguridad de evacuación. (Figura 1.2, elipse en rojo)

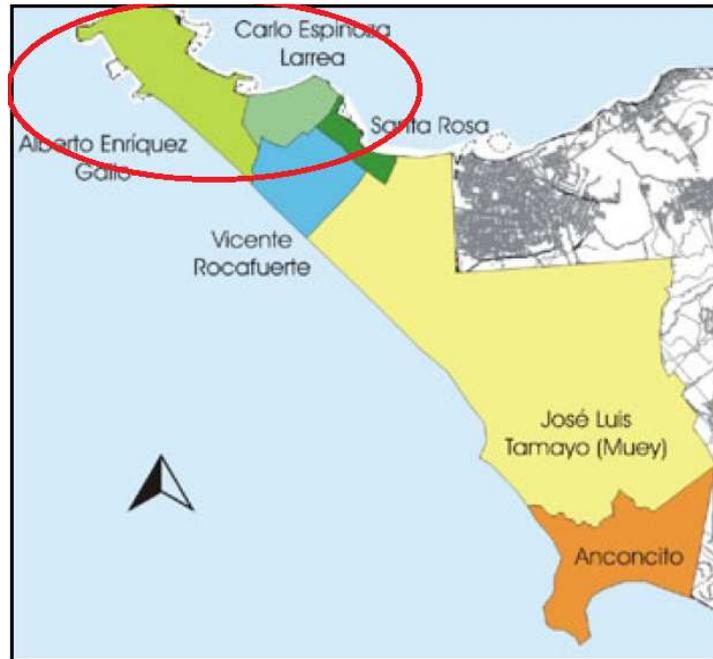


Imagen: www.salinas.gob.ec

Figura 1.2 Parroquias del cantón Salinas.

El cantón Salinas cuenta con una población de 68.675 habitantes y una densidad poblacional de 1007,40 Hab/km², se caracteriza por tener una población joven ya que el 48.8% de la población comprende a personas menores a 20 años³. Para el presente estudio se utilizaron datos de población urbana del cantón que corresponde a 29.294 habitantes⁴.

La ciudad de Salinas posee dos frentes costeros, Sur y Norte; la costa Sur (Mar Bravo) no tiene aún una alta densidad poblacional y el uso del suelo es, predominantemente, para la producción de sal, (Fotografía 1.1), que constituye una importante actividad económica del cantón; la costa Oeste está ocupada por las bases militares de la FAE y marina, respectivamente.

³ Censo poblacional 2010, INEC.

⁴ GAD Salinas, 2011.

CAPITULO I: GENERALIDADES



Foto: Mario Cruz.

Fotografía 1.1 Infraestructura presente en Mar Bravo.

En la costa Norte se lleva a cabo la actividad económica principal de la ciudad; que es la turística, ya que en la zona se encuentran los principales complejos hoteleros con edificios de hasta 20 pisos; la zona hotelera se encuentra donde el nivel de la marea alcanza el nivel más alto, por ello se ha protegido al malecón con muros de enrocado. (Fotografía1.2)



Foto: Jeanneth Alvear

Fotografía 1.2 Muro de enrocado, malecón de Salinas.

1.7.2 Bahía de Caráquez

Está ubicada en el Norte de la provincia de Manabí, formando parte del cantón Sucre, que cuenta con una población de 57.159 y una densidad poblacional de 143, 55 Hab/km², que en su mayoría se la considera joven ya que el 46,4% poseen una edad menor a 20 años⁵. Para el presente estudio se utilizaron datos la Ciudad de Bahía de Caráquez, contando con una población de 24.963 habitantes⁶.

Bahía de Caráquez posee el malecón Virgilio Ratti en el que se levantan edificios de departamentos de 6 a 10 pisos, cuyos propietarios son, en su mayoría, de la ciudad de Quito, razón por la que pasan desocupados la mayor parte del año; la ciudad en la zona centro-sur tiene edificios particulares de 5 pisos de altura promedio. (Figura 1.3)



Foto: www.salinas.gob.ec

Figura 1.3: Vista aérea de la ciudad de Bahía de Caráquez.

⁵ Censo poblacional 2010, INEC.

⁶ GAD Bahía de Caráquez, 2011.

CAPITULO I: GENERALIDADES

La zona delimitada en su mayoría por el malecón Virgilio Ratti, corresponde a la zona donde no es posible la evacuación horizontal en el caso de que la primera ola del tsunami llegue en menos de 10 minutos, por lo tanto es la zona donde se propone realizar la evacuación vertical.

En la zona sureste se encuentra el denominado Puerto Amistad en el cual se aparcan veleros de turistas de distintas zonas y se levanta el puente Bahía - San Vicente que une a estas dos localidades. En esta zona existen casas particulares de 2 a 3 pisos como promedio. (Fotografía 1.3).



Foto: www.solnaciente.blogspot.com

Fotografía 1.3: Puente Bahía - San Vicente.

Hacia el suroeste se encuentra la zona llamada “Mirador La Cruz” donde existen viviendas modestas de uno o dos pisos de materiales mixtos (bloque, madera, zinc) en mal estado de conservación. Siendo una zona elevada, y por tanto de seguridad ante inundaciones, es una zona de alto riesgo por

CAPITULO I: GENERALIDADES

deslizamientos por lo que no es recomendable utilizarla como zona de seguridad ante tsunamis. (Fotografía 1.4).



Foto: Andrés Matheus.

Fotografía 1.4: Tipo de viviendas del barrio "La Cruz"

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 TSUNAMI

La palabra tsunami proviene de los términos japoneses Tsu y Nami, traducándose como, Gran Ola en Puerto. Al producirse la fuerza suficiente para generar el desequilibrio de niveles en el agua, esta tiende a recuperarlo rápidamente dando lugar a la formación de olas o trenes de olas de gran extensión en longitud y escasa altura (un metro aproximadamente) lo que las torna imperceptibles en alta mar, aún a pesar de llevar una velocidad promedio de 700 kilómetros por hora (casi la misma velocidad de un jet comercial). Esta variable es directamente proporcional a la profundidad donde se ubica el epicentro del desastre.

A medida que se acerca a la costa sufre un fenómeno de refracción, disminuyendo la longitud de onda, así como su velocidad, pero incrementándose considerablemente en altura.

Como se mencionaba en el punto anterior, los terremotos son la gran causa de tsunamis. Para que un terremoto origine un tsunami, el lecho marino debe moverse abruptamente en sentido vertical, de modo que la masa de agua sufra un impulso fuera de su equilibrio normal. Cuando esta inmensa masa de agua trata de recuperar su equilibrio, se generan las olas. El tamaño de un tsunami estará determinado por la magnitud de la deformación vertical del fondo marino.

No todos los terremotos generan tsunamis, sino sólo aquellos de magnitud cercanas a 7,5 grados en la escala de Richter con hipocentros relativamente superficiales⁷.

Existen otras razones que pueden provocar un tsunami, diferentes a la actividad tectónica, las cuales son:

- Erupciones volcánicas en las que se liberen gran cantidad de energía como la ocurrida en el Volcán Krakatoa en 1883, la cual genero olas de 40 metros y ocasiono miles de muertes.
- Deslizamientos y derrumbes marinos o superficiales de gran escala en los cuales el movimiento de una gran masa de tierra ocasione oleaje de gran altura.
- La caída de un meteorito en la superficie oceánica, este es un caso fortuito ya que no se poseen registros recientes de la ocurrencia de este tipo de eventos.

2.1.1 Características de un Tsunami

La energía de un maremoto depende de su altura (amplitud de la onda) y de su velocidad. La energía total descargada sobre una zona costera también dependerá de la cantidad de picos que lleve el tren de ondas (en el maremoto del océano Índico de 2004 hubo 7 picos gigantes y muy anchos). Es frecuente que un tsunami que viaja grandes distancias, disminuya la altura de sus olas, pero mantenga su velocidad, siendo una masa de agua con poca amplitud que

⁷ Fundación Azul Ambientalistas, www.azulambientalistas.org.

al llegar a la costa, como el líquido no es compresible, la longitud de onda disminuye bruscamente al mismo tiempo que la amplitud aumenta considerablemente generándose la ola gigante, que al momento de quebrar su cresta, arrasa con todo mientras el agua avanza costa adentro.

Otro de los factores determinantes que define la altura de las olas que llegan al puerto es la batimetría de la costa, en consecuencia un declive menos acentuado (playa tendida), ocasiona que las olas de un tsunami pierdan fuerza y altura. (Figura 2.4)

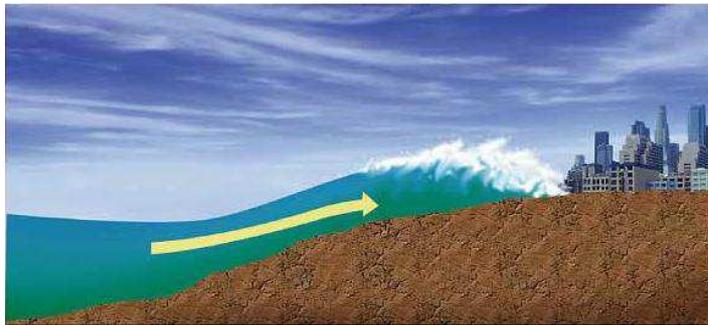


Imagen: <http://en.wikipedia.org>

Figura 2.4 Comportamiento de la ola con un declive bajo.

De la misma manera y consecuentemente un declive pronunciado (playa abrupta), ocasiona que la fuerza y altura de las olas se incremente haciéndolas potencialmente más destructivas⁸. (Figura 2.5)

⁸ Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sustentable, www.revistafuturos.info.

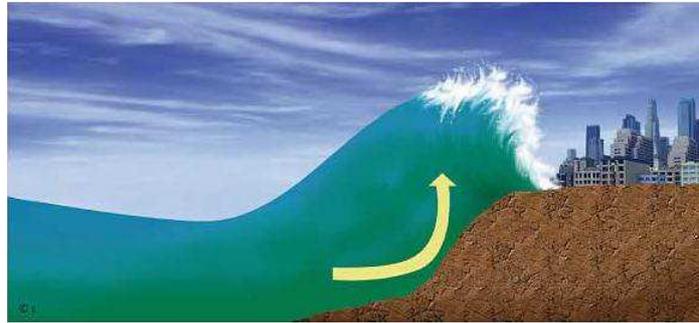


Imagen: <http://en.wikipedia.org>

Figura 2.5 Comportamiento de la ola con un declive abrupto.

2.1.2 Generación de un Tsunami

El proceso de generación de un tsunami debido a un movimiento sísmico submarino cumple con los siguientes pasos. (Figura 2.6)

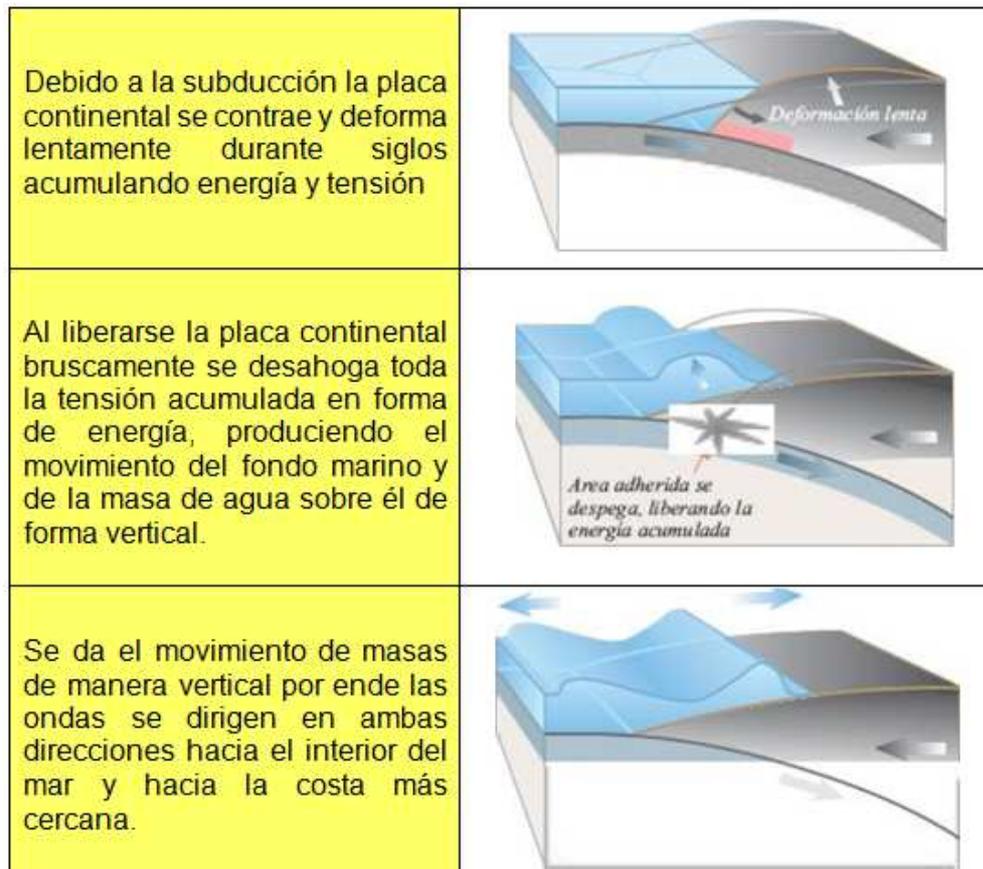


Imagen: SHOA, www.shoa.cl.

Figura 2.6 Proceso de generación de un tsunami.

2.1.3 Propagación de un Tsunami

Las olas del tsunami se propagan libremente a una velocidad que depende de la profundidad del agua, por lo que experimentan cambios sobre el fondo oceánico el cual es variable. En el océano profundo, la velocidad de propagación de las olas puede oscilar entre 500 y 1000 kilómetros por hora, con longitudes de onda (distancia entre crestas sucesivas) de entre 500 y 650 kilómetros y altura de entre 30 y 60 centímetros, razón por la cual su presencia en mar abierto no se siente y no pueden ser identificados, ni tampoco desde el aire en el océano abierto. En el lapso de unas horas, un tsunami puede recorrer toda una cuenca oceánica desde una orilla hasta la otra.

2.1.4 Comportamiento de un Tsunami al llegar a la costa

Momentos antes de que un tsunami arribe a la costa se presenta un retroceso súbito o una disminución repentina del nivel del mar, esto se debe en ocasiones, a que la fractura producida por el sismo genera un espacio de grandes dimensiones que el mar tiende a ocupar, por lo cual el nivel del mar en la costa disminuye ostensiblemente. (Figura 2.7)

La manifestación de un tsunami en la costa puede presentarse como una rápida marea creciente o como el avance de una pared de agua turbulenta muy destructiva.



Imagen: CCO, www.cco.gov.co.

Figura 2.7 Retiro del mar antes de la llegada de un tsunami.

A su arribo a la costa, la modificación del período del oleaje determina el tiempo transcurrido entre el arribo sucesivo de las olas del tsunami, que puede oscilar entre 10 y 45 minutos. Sin embargo, el proceso de estabilización para alcanzar la normalidad de la superficie libre del océano, puede tomar horas, e incluso días.

2.1.5 Altura de la ola, Run-up y Run-off

Mientras la ola viaja a través del océano su altura es definida por la distancia entre el valle y la cresta de la onda por lo que es casi imperceptible. Pero cuando la ola arriba a la costa, disminuye la distancia valle – cresta, incrementándose la altura de la ola. Esta altura se mide partiendo del valor del nivel medio del mar hasta la cota máxima topográfica a la que alcance la

inundación, se la conoce como Run - up. Al contrario cuando se produce el retroceso del agua hacia el mar se lo conoce como Run - off.

2.1.6 Magnitud de un Tsunami

La magnitud de un tsunami se determina sobre la base de la altura máxima de la ola más grande y de la destrucción que esta ocasiona, así obteniéndose así un valor numérico que representa la magnitud o grado del tsunami, compilándose estos valores en una tabla. La clasificación más conocida es la de Inamura. (Tabla 2.1)

Tabla 2.1 Clasificación de tsunamis según altura de ola y daños

| GRADO DE TSUNAMI | ALTURA DE LA OLA (m) | DESCRIPCION DE LOS DAÑOS |
|------------------|----------------------|---|
| 0 | 1-2 | No produce daños. |
| 1 | 2-5 | Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados. |
| 2 | 5-10 | Hombres, barcos y casas son barridos. |
| 3 | 10-20 | Daños extendidos a lo largo de 400km de la costa. |
| 4 | >30 | Daños extendidos sobre más de 500km a lo largo de la línea costera. |

Fuente: Inamura, www.portalciencia.net

2.1.7 Tipos de Tsunami

- **Tsunami de Origen Cercano:**

Es aquel cuya fuente de perturbación se presenta a menos de 1000 kilómetros de distancia de la zona de impacto. Pueden ser causados por flujos piroclásticos, deslizamientos o terremotos de poca magnitud.

- **Tsunami de Origen Lejano:**

Es aquel cuya fuente de perturbación se presenta a más de 1000 kilómetros de distancia de la zona de impacto. Son generados principalmente por terremotos de gran magnitud que logran liberar una gran cantidad de energía y transmitirla a la columna de agua oceánica.

Sobre la base de esta clasificación, se puede establecer un tiempo mínimo de llegada con el cual se puedan tomar decisiones y salvar vidas. Para el caso de tsunamis de origen cercano se cuenta en la mayoría de casos con pocos minutos o en el mejor de los casos con pocas horas (como máximo 2), mientras que para los tsunami de origen lejano se pueden tener tiempos de respuesta mucho más amplios de hasta 22 horas, como fue el caso del tsunami originado en las costas de Chile en 1960, el cual atravesó todo el Océano Pacífico hasta llegar a las costas de Japón.

Según la zona de afectación a su vez se podría clasificar a los tsunamis en locales, regionales o de toda una cuenca (trans-oceánicos). Por lo general los tsunami de origen cercano, que son los que generan mayor destrucción y daños, ocasionan impactos de tipo local y algunas veces regional, mientras que los tsunami de origen lejano generan principalmente impactos regionales y pueden llegar a afectar en algunos casos de todas las costas de una misma cuenca oceánica.

2.1.8 Efectos de un Tsunami

Los efectos de un tsunami sobre ciudades y pueblos costeros no se reducen únicamente al impacto de las olas, inundación y posterior erosión, también existen afectaciones causadas por el sismo generador tales como la licuación de suelos, deslizamientos, entre otros. (Figura 2.8)

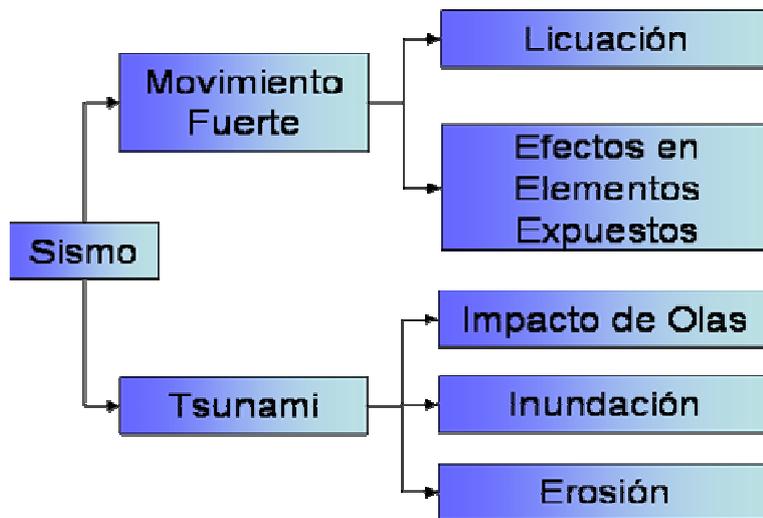


Imagen: CCO, www.cco.gov.co

Figura 2.8 Efectos de un Tsunami.

La afectación que un tsunami tiene sobre una ciudad o pueblo costero, inicia con los daños a las estructuras de edificios, viviendas, vías, y puentes ocasionados por el sismo generador; como consecuencia se pueden generar escombros los cuales durante la inundación pueden ser arrastrados y convertidos en objetos peligrosos que pueden impactar violentamente contra edificios o personas. (Figura 2.9)



Imagen: CCO, www.cco.gov.co

Figura 2.9 Antes y después del tsunami de Sumatra Indonesia del 2004.

La licuación es un fenómeno en cual el terreno presenta pérdida de resistencia mecánica, esto ocurre cuando se recibe una carga dinámica rápida bastante alta, como la que se presenta durante un sismo. La resistencia mecánica debe entenderse como la capacidad física para resistir esfuerzos sin que se produzca falla o colapso. Se entiende por licuación cuando el suelo adquiere características de fluido y se comporta como tal, perdiendo cualquier rigidez; se evidencia mediante hundimientos, ebulliciones de arena (Flujos ascendentes de arena y agua), generando debilitamiento de las estructuras; por lo general este fenómeno ocurre en suelos saturados o con un alto grado de humedad. (Figura 2.10)

Los impactos sobre los elementos expuestos pueden ocasionar problemas durante la emergencia al impedir el acceso a los servicios que se distribuyen por intermedio de redes, esos servicios son para la comunidad como acueducto, alcantarillado, energía y comunicaciones; a su vez puede

presentarse contaminación de las fuentes de agua como pozos, debido a la intrusión del agua marina, la cual a su vez puede transportar durante la penetración a la costa sustancias contaminantes y altas cargas de sedimentos.



Foto: PCAD, www.pcivil.gob.ec

Figura 2.10 Efectos de la licuación de los suelos a causa de un tsunami.

El costo social que se puede presentar por un fenómeno natural como el tsunami es bastante alto, ya que pueden ocurrir numerosos heridos, pérdida de vidas y, a su vez, rompimiento de la estructura social, (familias sin hogar, migración y demás situaciones posteriores a la emergencia).

2.1.9 Lugares más propensos a la afectación de un Tsunami

El principal evento generador de un tsunami, es el sismo o terremoto generado por subducción. Es así como en las zonas donde se presenta esta condición, es decir; donde colisionan dos placas tectónicas, una oceánica y otra

continental y una de estas se desliza por debajo de la otra, son las áreas más propensas a que se presenten tsunamis⁹. (Figura 2.11)

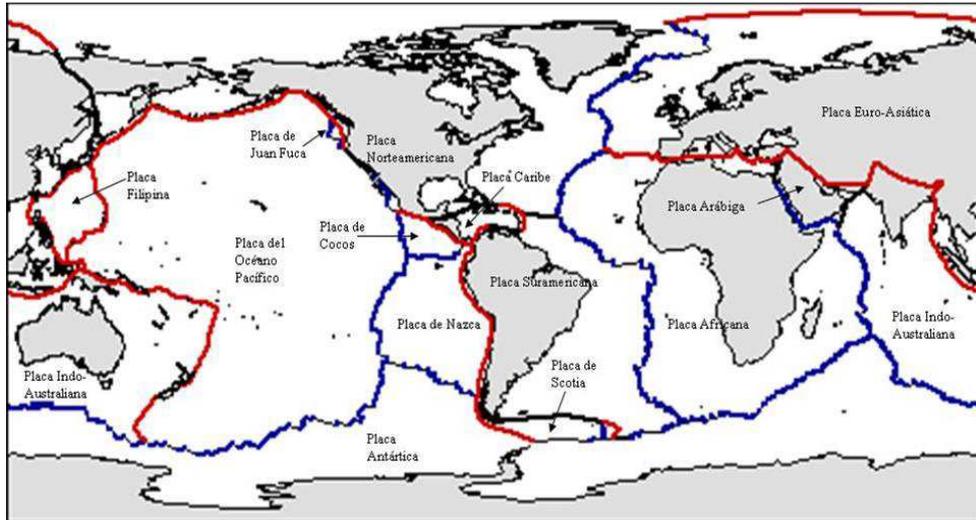


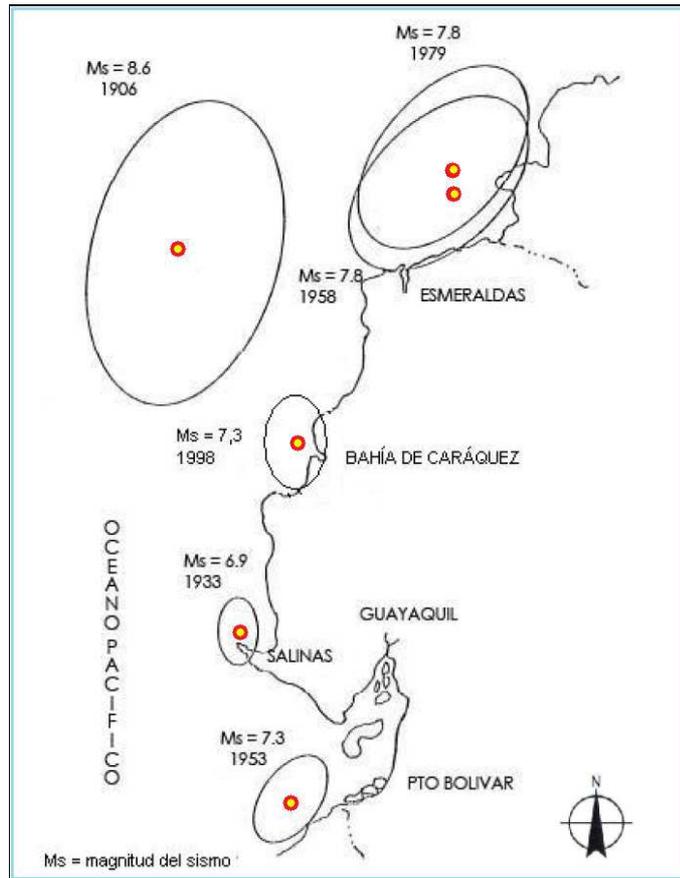
Imagen: www.visionlearning.com

Figura 2.11 Azul= Cordilleras oceánicas, Rojo= Zonas de subducción.

2.1.10 Tsunamis registrados en el Ecuador

Sobre la base de clasificación de tipos de tsunami, según la distancia de origen, el Ecuador ha experimentado 6 fenómenos tsunamigénicos de consideración, estos se han suscitado en un periodo de tiempo de 100 años, y se tienen descripciones del comportamiento y grado de afectación sobre las costas ecuatorianas. (Figura 2.12)

⁹ Comisión Colombiana del Océano, www.cco.gov.co.



Modificado de: Espinoza J, 1990.

Figura 2.12 Tsunamis ocurridos en las costas del Ecuador, según magnitud y distancia.

- **31 de enero de 1906:**

Se registra como el tsunami de mayor magnitud generado en las costas ecuatorianas ocasionado por un sismo de 8,7 en la escala de Richter cerca de la provincia de Esmeraldas. La primera ola llegó a la costa después de media hora de generado el sismo y fue seguido por una segunda 20 minutos después y una tercera posteriormente, se registraron olas por un lapso de 4 horas.

- **2 de Octubre de 1933:**

Frente a la Puntilla de Santa Elena (Salinas) se produjo un sismo de 6,9 en la escala de Richter, se suscitaron fuertes oscilaciones en el nivel del mar inmediatamente después de ocurrido el sismo. La información sugiere que la altura del tsunami alcanzo 2,5 metros y que llego a la costa en forma de inundación mas no como un oleaje turbulento.

- **12 de Diciembre de 1953:**

Sismo de 7,8 en la escala de Richter perpendicular a las costas de Puerto Bolívar en la Provincia del Oro, no se originaron olas con poder destructivo.

- **19 de Enero de 1958:**

Sismo de 7,8 Richter en la zona fronteriza norte originándose oleaje comprendido entre 2,0 y 5,9 metros de altura, reportándose 4 muertos y una embarcación afectada¹⁰.

- **12 de diciembre de 1979:**

Se produjo un sismo de 7,9 Richter nuevamente entre las poblaciones de Esmeraldas (Ecuador) y Tumaco (Colombia), la población colombiana fue la más afectada con olas de 0,5 y 2,5 metros. Se registraron 6 aldeas destruidas, 452 muertos, 1011 heridos, 3081 viviendas destruidas y 2119 averiadas.

¹⁰ Publicación INOCAR, 2008.

- **4 de Agosto de 1998:**

En 1998 ocurrió un sismo de 7,1 en la escala de Richter en el sector de Briceño, aledaño a la ciudad de Bahía de Caráquez, provincia de Manabí, ocasionó grandes destrozos en la infraestructura de la ciudad y deslizamientos de gran consideración, la población este evento con mucho temor¹¹.

2.2 DEFINICIONES SOBRE SISMO RESISTENCIA

El evento desencadenador de un tsunami es, por excelencia, un sismo en la corteza oceánica, de acuerdo a esta consideración es de vital importancia describir la sismicidad del Ecuador. Cada 48 horas se registra un movimiento telúrico mayor a los 4.0 grados en la escala de Richter en alguna parte del territorio continental ecuatoriano o en sus aguas cercanas. Solo en el 2011 se registraron 242 movimientos, con un promedio mensual de 20 sismos. En los primeros ocho meses de este año los cincuenta sismógrafos distribuidos en las cuatro regiones del país, registraron 148, con un promedio de 18 por mes. Estos movimientos no son provocados por eventos volcánicos, si no que se consideran de carácter tectónico¹².

2.2.1 Sismo

Se manifiesta como una vibración o movimiento ondulatorio del suelo que se presenta por la súbita liberación de energía sísmica que se acumula dentro de la tierra debido a fuertes tensiones o presiones que ocurren en su interior. Los

¹¹ Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres Naturales, 2009.

¹² Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología, www.igepn.edu.ec.

sismos o terremotos pueden causar grandes desastres, en especial dónde no se han tomado medidas preventivas de protección, relacionadas con la configuración y diseño estructural de las edificaciones.

2.2.2 Sismicidad en el Ecuador

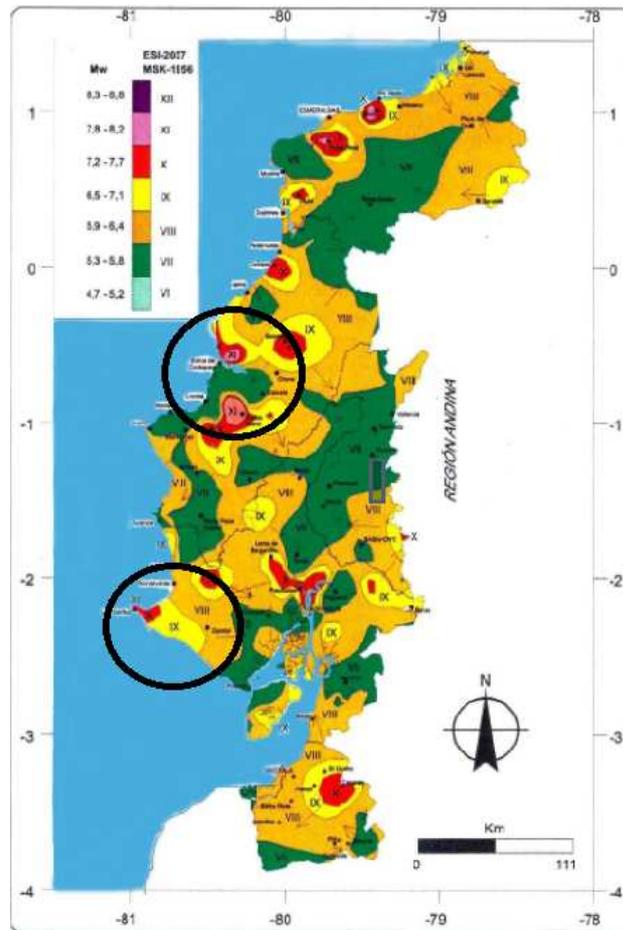
El Ecuador al ser parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, presenta un alto índice de actividad volcánica y a su vez un alto grado de actividad sísmica. La Universidad de Guayaquil presentó un estudio en el cual se evidencia a través de un mapa los niveles máximos de sismicidad para el litoral ecuatoriano, (Figura 2.13), dicho estudio utilizó la escala de magnitud de momento (M_w), es una escala logarítmica usada para medir y comparar sismos, basada en la medición de energía que se libera durante un sismo.

En la figura indicada, se puede observar que la ciudad de Salinas se encuentra en una zona con intensidades comprendidas entre 7,2 M_w y 8,2 M_w mientras que la ciudad de Bahía de Caráquez, se encuentra en una zona con intensidades que oscilan entre 6,5 M_w y 7,7 M_w , valores que identifican al litoral ecuatoriano como una zona de alta intensidad sísmica.

2.2.3 Sismo resistencia

Una edificación es sismo resistente cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de fuerzas causadas por sismos. Aún cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con todos los requisitos que indican las

normas de diseño y construcción sísmo resistente, siempre existe la posibilidad de que se susciten sismos con una intensidad mayor a la asumida para el diseño y construcción del edificio, caso en el cual se espera que se produzcan la menor cantidad de daños posibles.



Modificado de: Revista Oro y Petróleo, 2008.

Figura 2.13 Máximos niveles de sismicidad para el litoral ecuatoriano.

2.2.4 Principios de la sísmo resistencia

- *Forma regular.* La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y en elevación. Las formas complejas, irregulares o asimétricas causan un mal comportamiento cuando la edificación es sacudida por un sismo. Una

geometría irregular favorece que la estructura sufra torsión o que intente girar en forma desordenada.

- *Bajo peso:* Entre más liviana sea la edificación menor será la fuerza que tendrá que soportar cuando ocurre un terremoto. Grandes masas o pesos se mueven con mayor severidad al ser sacudidas por un sismo y, por lo tanto, la exigencia de la fuerza actuante será mayor sobre los componentes de la edificación.
- *Mayor rigidez:* Es deseable que la estructura se deforme poco cuando se mueve ante la acción de un sismo. Una estructura flexible o poco sólida al deformarse exageradamente favorece que se presenten daños en paredes o divisiones no estructurales, acabados arquitectónicos e instalaciones que usualmente son elementos frágiles que no soportan mayores distorsiones.
- *Buena estabilidad:* Las edificaciones deben ser firmes y conservar el equilibrio cuando son sometidas a las vibraciones de un terremoto. Estructuras poco sólidas e inestables se pueden volcar o deslizar en caso de una cimentación deficiente.
- *Suelo firme y buena cimentación:* La cimentación debe ser competente para transmitir con seguridad el peso de la edificación al suelo. También, es deseable que el material del suelo sea duro y resistente.
- *Estructura apropiada:* Para que una edificación soporte un terremoto su estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada.

- *Materiales competentes*: Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la energía que el sismo le otorga a la edificación cuando se sacude.
- *Calidad en la construcción*: Se deben cumplir los requisitos de calidad y resistencia de los materiales y acatar las especificaciones de diseño y de construcción y la ausencia de supervisión técnica ha sido la causa de daños y colapsos de edificaciones que aparentemente cumplen con otras características o principios de la sismo resistencia.
- *Capacidad de disipar energía*: Una estructura debe ser capaz de soportar deformaciones en sus componentes sin que se dañen gravemente o se degrade su resistencia. Cuando una estructura no es dúctil y tenaz se rompe fácilmente al iniciarse su deformación por la acción sísmica. Al degradarse su rigidez y resistencia pierde su estabilidad y puede colapsar súbitamente.
- *Fijación de acabados e instalaciones*: Los componentes no estructurales como tabiques divisorios, acabados arquitectónicos, fachadas, ventanas e instalaciones deben estar bien adheridos o conectados y no deben interactuar con la estructura. Si no están bien conectados se desprenderán fácilmente en caso de un sismo¹³.

¹³ Terremotos y Sismo Resistencia. www.terremotosismoresis.blogspot.com.

2.3 DEFINICIONES SOBRE LA GESTIÓN DE RIESGOS

La gestión de riesgos es un enfoque estructurado, que cumple con etapas indispensables encaminadas a prepararse, afrontar y reponerse de la potencial afectación de una amenaza. Estas etapas pueden resumirse de la siguiente manera:

- Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención y mitigación), eliminando sus causas como la intensidad de los fenómenos, la exposición o el grado de vulnerabilidad.
- Medidas de preparación cuyo objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de gente y bienes de zonas amenazadas.
- Medidas de respuesta cuando está sucediendo o ha sucedido un desastre (manejo o gestión de desastres, recuperación, reconstrucción)¹⁴.

La gestión del riesgo es un proceso sujeto a permanente actualización y variabilidad de acuerdo a las necesidades de cada población y grado de afectación de la misma, proceso que se debe manejar de principio a fin enfocado en la prevención de los daños que cause un evento y posterior manejo del mismo con la finalidad de regresar al estado inicial de la población afectada por el desastre.

¹⁴ Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, 2002.

2.3.1 Riesgo

Es la probabilidad de que un territorio y la población que habita en él, se vean afectados por evento natural potencialmente destructivo.

$$Riesgo = Amenaza \times Vulnerabilidad$$

Esta fórmula expresa matemáticamente que, al estar ante la presencia de una amenaza (peligro) y surge una vulnerabilidad (humana) asociada a la amenaza, entonces existe un riesgo. El mismo principio se transfiere a la lógica de mapas, se debe cartografiar las amenazas y sobreponerlas con la representación cartográfica de vulnerabilidades; las intersecciones generadas corresponden a una cobertura que identifica a los riesgos.

2.3.2 Amenaza

Es un elemento potencialmente negativo, es decir que tiene el potencial de causar daño, muerte o destrucción. En la naturaleza una amenaza es una constante que no se la puede manipular, ya que no es susceptible de ser cuantificada en términos de probabilidad. Una amenaza expresada en términos probabilísticos se denomina Peligro (Hazard).

2.3.3 Vulnerabilidad

Se define como la debilidad o susceptibilidad que tiene una población, edificio o infraestructura a sufrir un daño de una magnitud tal, que cambie su condición de vida en caso de una población, o que supere la capacidad de resistencia para la que fue diseñado en caso de un edificio u otra obra física,

debido a un evento negativo de origen natural o antrópico. Existen factores modificadores de la vulnerabilidad:

- *Factores Físicos:* Se refiere a la ubicación geográfica de asentamientos humanos, en zonas de riesgo, como los asentamientos cercanos al cauce de un río, tienden a ser más vulnerables a una inundación, que los ubicados en lugares más lejanos, de igual manera una población asentada en las faldas de un volcán, es más vulnerable a ser afectada por una erupción, que otra que se encuentre lejana al volcán.
- *Factores Económicos:* El factor económico influye directamente sobre el proceso de la gestión de riesgos ya que al no tener los recursos suficientes no se pueden realizar planes o proyectos para enfrentar un posible desastre, del mismo modo la infraestructura no se la podrá construir bajo especificaciones antisísmicas. Todas estas falencias derivan en un mayor nivel de vulnerabilidad ante la posible ocurrencia de un evento destructivo.
- *Factores Sociales:* Se refiere a la cultura de una población, su ideología y educación, las mismas que se conjugan al momento de reaccionar ante una situación de peligro. De la misma manera influye al tratarse de la aceptación y recepción de los planes de manejo después de suscitarse un fenómeno destructivo¹⁵.

¹⁵Gestión Comunitaria de Riesgos, 2008.

2.3.3.1 Clasificación de Vulnerabilidades

- *Vulnerabilidad natural:* Los seres humanos necesitan ciertas condiciones ambientales y sociales para poder desarrollarse. La vulnerabilidad natural de los ecosistemas de los distintos países se incrementó diferencialmente, provocando la resistencia de la población a condiciones ambientales severas y a veces haciéndola más vulnerable frente a ellas.
- *Vulnerabilidad física:* Se refiere a la localización de la población en zona de riesgo físico, condición provocada por la pobreza y la falta de oportunidades para una ubicación de menor riesgo (condiciones ambientales y de los ecosistemas, localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo)
- *Vulnerabilidad económica:* Se observa una relación indirecta entre los ingresos en los niveles nacional, regional, local o poblacional y el impacto de los fenómenos físicos extremos. Es decir, la pobreza aumenta el riesgo de desastre (vulnerabilidad de los sectores más deprimidos, desempleo, insuficiencia de ingresos, explotación, inestabilidad laboral, dificultad de acceso a los servicios de educación, salud, ocio)
- *Vulnerabilidad social:* Se produce un grado deficiente de organización y cohesión interna de la sociedad bajo riesgo, que limita su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastres (tipo de acceso

al saneamiento ambiental, nutrición infantil, servicios básicos, que permitan la recuperación de los daños ocurridos).

- *Vulnerabilidad Técnica:* Se refiere a las inadecuadas técnicas de construcción de edificios e infraestructura básica utilizadas en áreas de riesgo (incapacidad de control y manejo de las tecnologías frente a los riesgos)¹⁶.
- *Vulnerabilidad Física Estructural:* Además de la ubicación geográfica de poblaciones sujetas a riesgos, se refiere a las características de carácter estructural de las que están compuestas y construidas las edificaciones de la locación que está siendo analizada.
- *Vulnerabilidad Servicios Básicos:* Relacionada directamente con la disponibilidad y dependencia a servicios básicos necesarios para cumplir con las normas del buen vivir.
- *Vulnerabilidad Servicios Comunitarios:* Ausencia o presencia de servicios adicionales que provee la ciudad para el mejoramiento de la calidad de vida no solo social sino también intelectual y de carácter personal.
- *Vulnerabilidad Percepción del Riesgo:* Se mide en cuanto a la capacidad de respuesta ante una emergencia y la presencia de

¹⁶ Wilches-Chaux G. 1989.

elementos que disminuyan o incrementen el riesgo de una amenaza hacia la población.

- *Vulnerabilidad Vías de Comunicación:* Se observa la presencia o ausencia de redes viales, materiales con los cuales están construidas y su estado de conservación¹⁷.

2.3.4 Importancia del Estudio de Vulnerabilidad

El estudio de vulnerabilidad es un importante factor para la determinación de riesgos, conocer sus variables e indicadores permite la comprensión de los escenarios de riesgos (en este caso de origen natural). Muchas veces los elementos expuestos pueden presentar amenazas de baja intensidad.

Por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad es una plataforma para:

- El entendimiento de la utilidad de la información generada por diferentes fuentes institucionales y su aplicación a las vulnerabilidades.
- La construcción de información basada en variables e indicadores necesarios en la comprensión de las vulnerabilidades y de fácil réplica para autoridades locales.
- El trabajo interinstitucional y multidisciplinario de actores responsables de la información, de la gestión territorial y de desarrollo a escala nacional y cantonal¹⁸.

¹⁷ Revista Geoespacial No.7, 2010.

2.4 ANÁLISIS DE REDES

El análisis de redes es hoy en día una herramienta de vital importancia en lo que respecta a diseño, planificación, corrección y toma de decisiones en cuanto al desarrollo en el campo comunicacional de un distrito, ciudad, poblado, entre otros. El principal objetivo de un análisis de redes es el de optimizar el uso de recursos, en este caso, a través de la determinación de la ruta más corta o la ruta más óptima en base al tiempo de evacuación, el mismo que determinará la cantidad de personas que pueden salvarse ante la eventual ocurrencia de un tsunami.

El análisis de redes no solo es aplicable para el campo de gestión de riesgos sino también se lo puede aplicar en el entorno de marketing al determinar las rutas más transitadas, en donde pueda ubicarse publicidad o la estructura donde pueda funcionar la empresa como tal.

2.4.1 Accesibilidad

La accesibilidad en general se puede definir como la facilidad de trasladarse de un punto hacia otro por medio de una red, la cual representa a un conjunto de elementos lineales interconectados, por lo general vías, a través de las cuales existe un flujo de recursos que para el presente caso solo serán personas. Esta herramienta se la utiliza con mayor frecuencia para identificar el lugar más idóneo para la ubicación de nuevas infraestructuras como: centros educativos, culturales, comerciales, de emergencia o deportivos.

¹⁸ PNUD, 2012.

El objetivo principal a obtener a través de este tipo de análisis es que al trasladarse de un lugar a otro se obtenga un coste mínimo de desplazamiento en cuanto a tiempos de movilización. Para que el coste al desplazarse de un punto a otro sea mínimo no solo depende de la distancia entre ellos sino también de los posibles obstáculos y demoras que se puedan presenta en el trayecto y para ello se manejan dos criterios distintos los cuales son: ruta más corta y ruta más eficiente. (Figura 2.14)

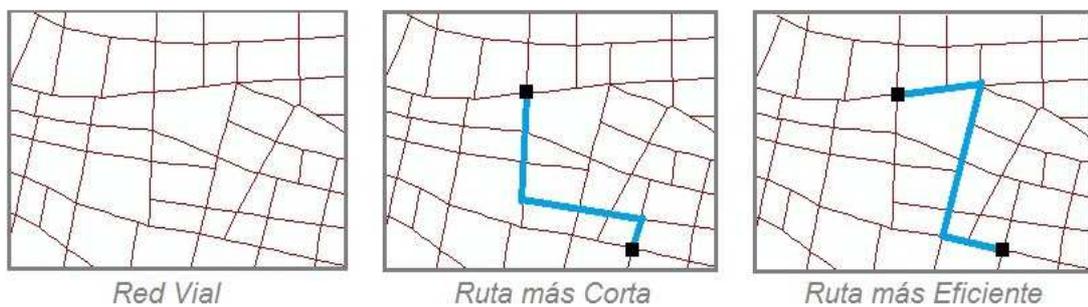


Figura 2.14 Análisis de redes.

La accesibilidad se puede calcular mediante datos raster o vector. Si se utilizan los datos raster, a cada pixel se le debe asignar un valor de coste o fricción el mismo que determinara la dificultad de pasar por él. Si se utilizan los datos vector, se utilizará la distancia de los segmentos viales como factor determinante, también se puede sesgar el resultado al asignar un valor de impedancia a cada elemento lineal al tomar en cuenta los posibles obstáculos como: tipo de vía, hora, presencia de semáforos, frecuencia de accidentes, entre otros.

2.4.2 Evacuación

Al ser inminente e inevitable la ocurrencia de un desastre natural tal como un tsunami, la única alternativa es la de evacuación, la cual consiste en el traslado, movilización de personas de una zona que se encuentra amenazada a una zona de seguridad en el menor tiempo posible y optimizando al máximo los recursos disponibles.

En caso de tsunami la primera opción es la de evacuación horizontal; es decir, la evacuación a pie o en vehículos hacia las zonas donde se ha estimado no pueden llegar los efectos del evento destructor mencionado. Pero cuando el sismo generador del tsunami se da a una distancia muy corta de la costa el tiempo de llegada de la ola se reduce a minutos y la evacuación horizontal deja de ser viable entonces se debe manejar el concepto de evacuación vertical. La evacuación vertical es el desplazamiento de personas por sus propios medios hacia edificios, refugios o estructuras hasta un nivel superior a la altura del tsunami, dicho desplazamiento se realiza sin considerar la presencia de semáforos o señalización vial. En este caso lo más importante es optimizar el tiempo por ello, solamente se puede tomar en cuenta la ruta más corta hacia los puntos de seguridad que en éste caso son los edificios de más de 4 pisos de altura con características sismo resistentes, las rutas optimas de evacuación se las determina a través de un análisis de redes.

CAPITULO III

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Tiempo de Llegada de la Primera Ola

La base para la creación de un modelo de evacuación adecuado es conocer el tiempo del cual se dispone para evacuar a las personas antes de que el fenómeno destructivo se presente. Por ello es de vital importancia la determinación del tiempo de llegada de la primera ola del tsunami.

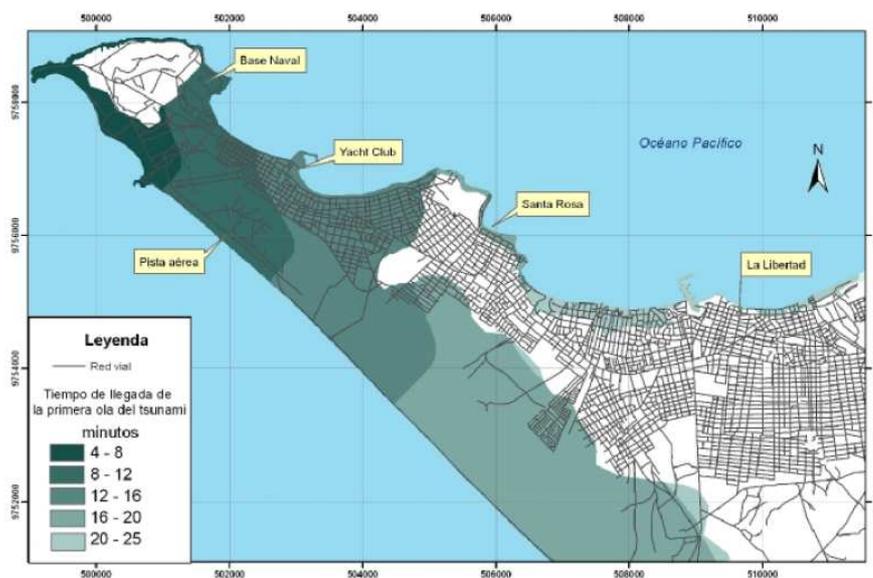
Para el presente estudio se tomaron datos obtenidos a partir de la metodología planteada por Oswaldo Padilla (ESPE, 2010), misma que en primera instancia empleó datos de diagramas de refracción realizados por Jorge Espinoza (INOCAR, 1990). Estos datos se ingresaron como una cobertura de puntos que fue empleada para realizar la interpolación para toda el área susceptible de inundación mediante el método de interpolación Inverso de la Distancia (IDW).

Salinas

A partir de la metodología descrita anteriormente, el producto obtenido determinó que de darse el peor escenario que sería la ocurrencia de un sismo frente a las costas de la Bahía de Santa Elena, la primera ola llegará a la Puntilla de Santa Elena en 4 minutos y afectará a la zona turística de la ciudad

en un intervalo de 8 a 12 minutos luego de ocurrido el sismo; al puerto de La Libertad el oleaje arribará en un tiempo comprendido entre 20 a 25 minutos¹⁹.

(Figura 3.15)



Fuente: Padilla, *et al.* 2010.

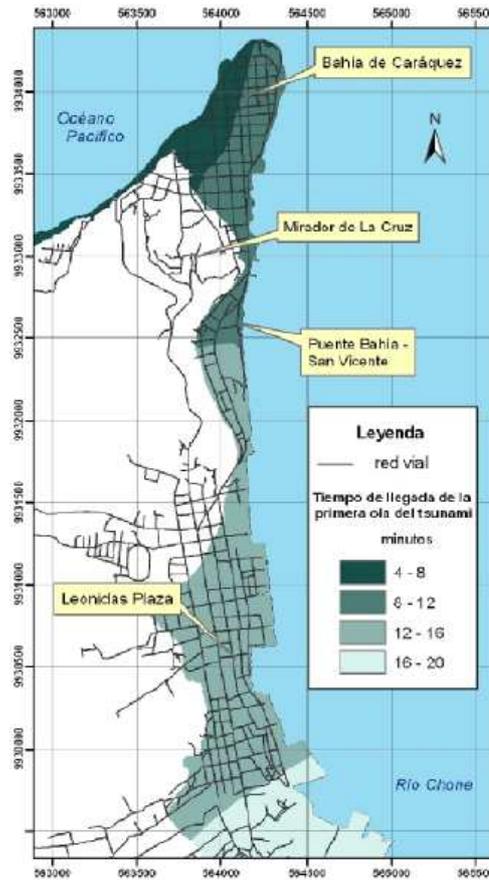
Figura 3.15 Tiempos de llegada del tsunami a la Ciudad de Salinas.

Bahía de Caráquez

Para el caso de la Ciudad de Bahía de Caráquez no existe un estudio de tiempos de llegada de tsunami, por lo que se asumieron tiempos semejantes a los calculados para Salinas. El peor escenario se describe de la siguiente manera: la primera ola llegará a Bahía de Caráquez; costa Oeste, en un intervalo de tiempo de entre 4 a 8 minutos y a la costa Este (estuario del río Chone), en un lapso de tiempo de entre 8 a 12 minutos²⁰. (Figura 3.16)

¹⁹ Espinoza J. 2010.

²⁰ *Ibíd.*



Fuente: Padilla, *et al.* 2010.

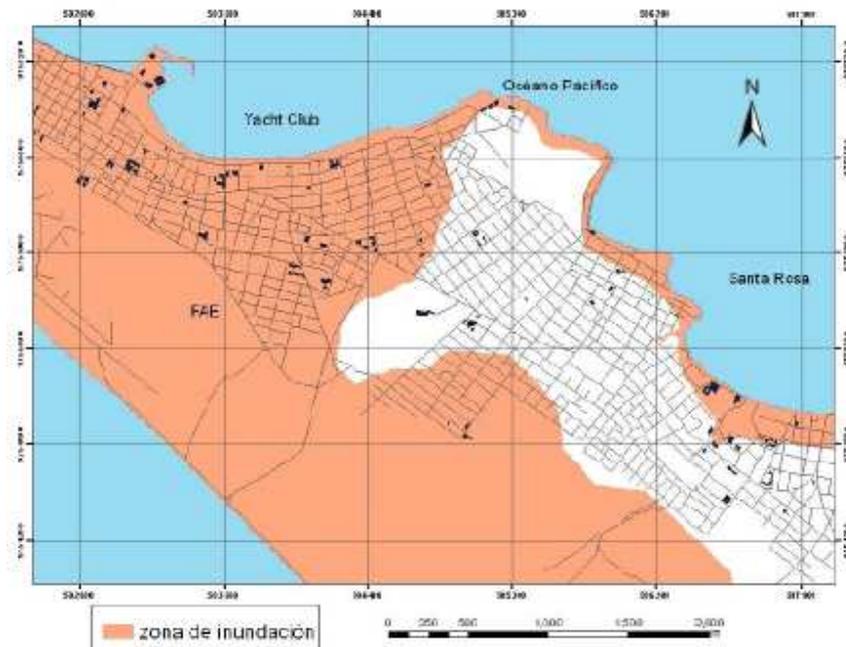
Figura 3.16 Tiempos de llegada del tsunami para de Bahía de Caráquez.

3.1.2 Altura de la Ola

Para determinar la altura de la ola del tsunami que llegaría a las costas de las dos ciudades, se continuó tomando datos de la metodología planteada Jorge Espinoza (INOCAR, 1990), que determinó una altura de ola de 10 metros como máximo, siempre y cuando la ubicación del epicentro sea al frente de la población considerada (o sea perpendicular a la costa en ese punto). No obstante, para obtener datos más ajustados a la realidad, se tomó únicamente la altura de referencia de 6 metros²¹. Se utilizó una herramienta GIS, que

²¹ Padilla, *et al.* 2010.

requiere como datos de entrada el MDT, un polígono que representa el mar e ingresar buffer de altura de la ola estimada, obteniendo como resultado un polígono que representa la distancia horizontal sobre el terreno que sería cubierta por la ola. Ciudad de Salinas. (Figura 3.17), ciudad de Bahía de Caráquez. (Figura 3.18).



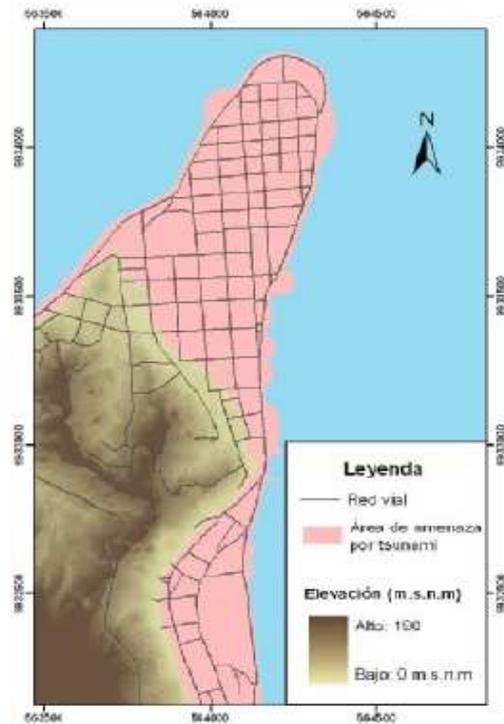
Fuente: Padilla, *et al.* 2010.

Figura 3.17 Área de inundación para Salinas.

3.1.3 Tiempos de evacuación

Se tomó los datos obtenidos con la metodología aplicada por Oswaldo Padilla (ESPE, 2010). Para calcular los tiempos de evacuación, se procedió a crear una cobertura de puntos dentro de la zona de inundación de las dos ciudades, los que representan a los portales de cada casa y por ende los puntos de evacuación, conjuntamente se creó, una cobertura de puntos en los vértices formados entre los ejes viales y el borde el área de inundación, que pasarían a

ser los puntos de seguridad. Ciudad de Salinas (Figura 3.19), ciudad de Bahía de Caráquez (Figura 3.20).



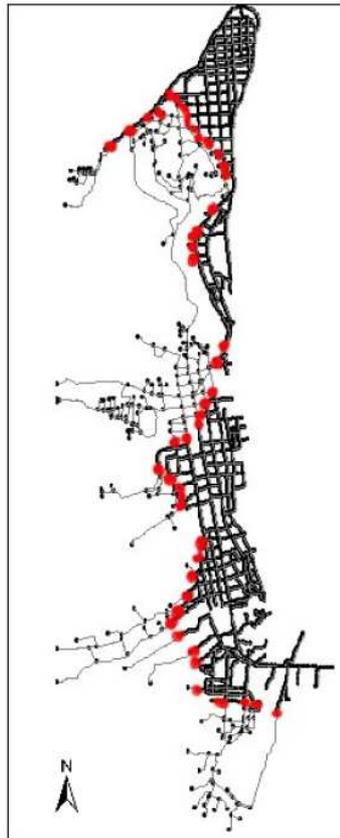
Fuente: Padilla, *et al.* 2010.

Figura 3.18 Área de inundación para Bahía de Caráquez.



Fuente: Padilla, *et al.* 2010.

Figura 3.19 Puntos de evacuación y seguridad para Salinas.



Fuente: Padilla, *et al.* 2010.

Figura 3.20 Puntos de evacuación y seguridad para Bahía de Caráquez.

3.1.4 Determinación de Área Crítica

Para obtener el área crítica de cada ciudad se calculó la diferencia entre los tiempos de llegada de la primera ola del tsunami y los tiempos de evacuación; el resultado obtenido de este cálculo fue reclasificado, para obtener el área con valores negativos, que representa el área donde la gente no tendrá tiempo suficiente para realizar una evacuación horizontal a pie²². Ciudad de Salinas (Figura 3.21), ciudad de Bahía de Caráquez (Figura 3.22).

²² Alvear J. 2010.

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

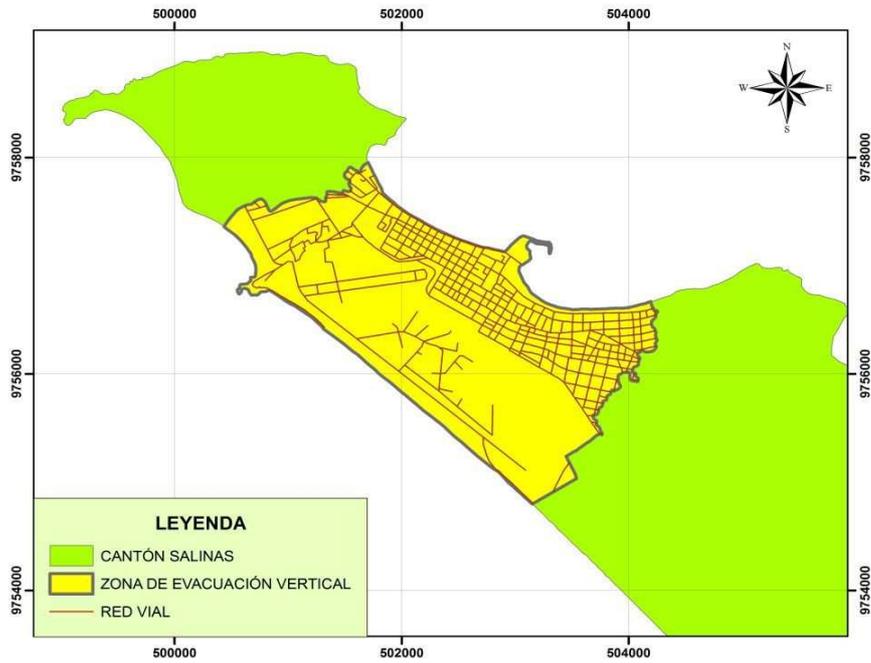


Figura 3.21 Zona de evacuación vertical de Salinas.

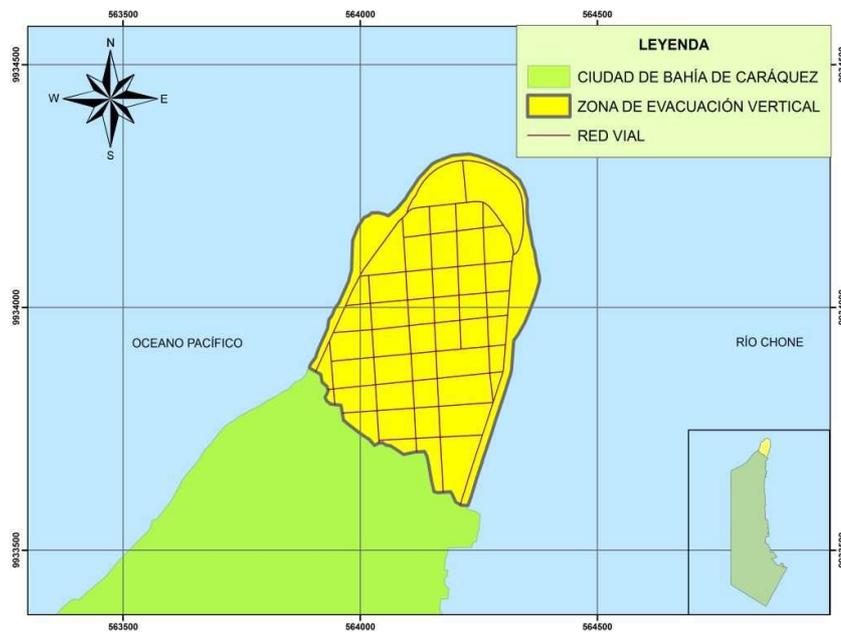


Figura 3.22 Zona de evacuación vertical de Bahía de Caráquez.

3.2 METODOLOGIA PARA EL ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

3.2.1 Consideraciones de Sismo Resistencia

El Ecuador al ser un país con alta sismicidad, ha sido objeto de múltiples manifestaciones sísmicas las cuales han ocasionado pérdidas humanas y económicas en cuanto a daños estructurales de edificios y viviendas. Por ello antes de determinar los posibles puntos de seguridad ubicados dentro de las zonas de evacuación vertical, anteriormente delimitadas, es necesario realizar un análisis de sismo resistencia para las estructuras presentes. Debido a limitaciones de conocimiento técnico en cuanto a diseño estructural y dinámica física de fuerzas que se suscitan durante un sismo y posterior tsunami, el presente estudio se realizó mediante una inspección visual del diseño y estructura de las edificaciones e información obtenida de personas de la comunidad que participaron del proceso de construcción de dichas edificaciones. Además se tomó en cuenta criterios de ubicación, posicionamiento, espacio, accesibilidad y elevación, obtenidos de “GUÍA PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DESTINADAS PARA EVACUACIÓN VERTICAL”, (FEMA, 2008).

Para poder realizar el análisis de sismo resistencia fue necesario trasladarse a las ciudades objeto del presente estudio y realizar la inspección a cada una de las edificaciones que están dentro de la zona de evacuación vertical y el inventario de las mismas. Para ello se procedió a configurar una ficha de información para la posterior interpretación y tabulación de datos, a

continuación se presenta el formato de la ficha que se llevó a campo (Figura 3.23) y la descripción e importancia de cada uno de los ítems de información:

| | | |
|-------------------------|------------------------|--------|
| NOMBRE DEL EDIFICIO: | ESTE: | NORTE: |
| Fotografía 1 | Fotografía 2 | |
| TIPO: | FUNCIÓN: | |
| FORMA DE BASE: | PENDIENTE DE SUELO: | |
| NÚMERO DE PISOS: | PAREDES: | |
| EDAD: | ESTADO: | |
| ENTREPISOS: | TIPO DE CIMIENTOS: | |
| NORMA SISMORESISTENTE: | NIVEL DE PARQUEADEROS: | |
| NIVEL DE INGRESO: | NIVEL ULTIMO PISO: | |
| PROPORCIÓN BASE/ALTURA: | | |
| OTROS ASPECTOS: | | |

Figura 3.23 Ficha de captura de información para sismo resistencia.

- *Nombre del Edificio:* Dato necesario para la identificación del posible punto de seguridad y la posterior señalética que se pueda adoptar para la implementación de un plan de evacuación.
- *Este y Norte:* Para el mapa de evacuación y tiempos de movilización que tiene como una de las metas ésta tesis, es necesario contar con la ubicación geográfica de cada edificio a través de coordenadas que en esta ocasión se las tomó con un GPS navegador en sistema UTM.
- *Fotografías:* Necesarias para la obtención del inventario de edificaciones de las dos ciudades.
- *Tipo:* Se refiere al tipo de edificación que se está evaluando; es decir, si es un edificio, casa particular, estructura de almacenamiento u otro.

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

- *Función:* Se describe la actividad principal que está desempeñando en la actualidad el edificio.
- *Forma de Base:* Describe la forma de la base del edificio, la cual se puede transferir a la interpretación de cómo circulará el agua al llegar la ola del tsunami.
- *Pendiente del Suelo:* Se refiere al ángulo del suelo sobre el cual está posicionado el edificio. Este detalle puede influir en el comportamiento de la estructura en caso de un sismo.
- *Número de pisos:* Dato necesario para saber cuáles edificios se pueden tomar en cuenta como refugios temporales debido a que deben ser estructuras que superen el nivel de la inundación ocasionada por el tsunami.
- *Paredes:* Describe el material predominante y el sistema estructural predominante en las paredes de las edificaciones, determinante en el comportamiento de la estructura en caso de sismo y posterior tsunami.
- *Edad:* Se presenta la edad de la edificación y con ello se puede determinar las normas bajo la cuales fue construido el edificio.
- *Estado:* Describe el estado actual de la edificación. No siempre los edificios más nuevos están en mejor estado que los más antiguos.
- *Sistema de Entrepisos:* Describe el material predominante y el sistema estructural predominante utilizado en los entrepisos de cada edificación,

determinante en el comportamiento de la estructura en caso de sismo y posterior tsunami.

- *Tipo de Cimientos:* Es el tipo de estructura de cimientos sobre los cuales se construyó la edificación. Influye directamente sobre el comportamiento y también depende del tipo de suelo donde esté asentado la edificación y el nivel freático de la zona.
- *Norma Sismo Resistente:* Se refiere a si el edificio fue construido bajo norma sismo resistente de acuerdo a los testimonios recogidos en la zona de estudio.
- *Nivel de Parquaderos:* Indica el nivel en el cual se ha destinado un espacio para parqueadero de autos. Puede influir al momento de la evacuación ya que los automóviles pasarían a ser un obstáculo en los accesos de la edificación.
- *Nivel de Ingreso:* Se refiere al nivel por el cual las personas ingresan a la edificación. Se incluyó este dato en la ficha debido a que podría ser un factor de análisis el que exista ingresos en un nivel superior al de la vereda ya que ocasionaría un impedimento al momento de la evacuación.
- *Nivel Último piso:* Es el dato del último nivel al que las personas podrían acceder en caso de evacuación. Se consideró este dato debido a que existen edificios con acceso a la terraza y otros no cuentan con éste acceso.

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

- *Proporción Base-Altura:* Describe si la relación entre la dimensión y forma de la base es adecuada respecto a la altura del edificio ya que esta relación influye directamente sobre el comportamiento de un edificio en caso de sismo o posterior tsunami.
- *Otros Aspectos:* Se dispuso un casillero para escribir datos adicionales observados y posible información extra recibida de personas de la zona.

Se obtuvo una ficha por cada edificio presente en las zonas de evacuación vertical de cada ciudad, que contabilizaron un total de 61 edificaciones para la ciudad de Salinas, y 28 edificaciones para la ciudad de Bahía de Caráquez.

Mediante la evaluación de las fichas de información y datos obtenidos de los habitantes de la zona se obtuvo un resultado preliminar de las edificaciones sismo resistentes dentro del área de estudio en Salinas (Tabla 3.2) y en Bahía de Caráquez (TABLA 3.3), y se las cartografió para su ubicación espacial. (Figuras 3.24 y 3.25).

Tabla 3.2 Edificios Sismo Resistentes del área de estudio de Salinas

| NOMBRE | EDAD | SISMO RESISTENCIA | ESTE | NORTE |
|-----------------------------|---------|-------------------|--------|---------|
| MAR DE PLATA | 18 años | SI | 502117 | 9757413 |
| EQUINOCCIO | 16 años | SI | 502319 | 9757216 |
| OLYMPUS | 20 años | SI | 502544 | 9757210 |
| RIVERA DEL MAR | 16 años | SI | 502816 | 9756929 |
| ATLANTIC | 20 años | SI | 502864 | 9756898 |
| PHOENIX | 15 años | SI | 502941 | 9756698 |
| SUITES SALINAS | 17 años | SI | 503521 | 9756506 |
| AQUAMARINA | 0 años | SI | 503873 | 9756541 |
| PORT ROYAL PLACE | 0 años | SI | 503557 | 9756251 |
| CONDOMINIOS "FAE" | 30 años | SI | 502627 | 9756445 |
| HOTEL BLEU | 20 años | SI | 503684 | 9756537 |
| HOTEL BARCELÓ COLON MIRAMAR | 13 años | SI | 504197 | 9756564 |

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

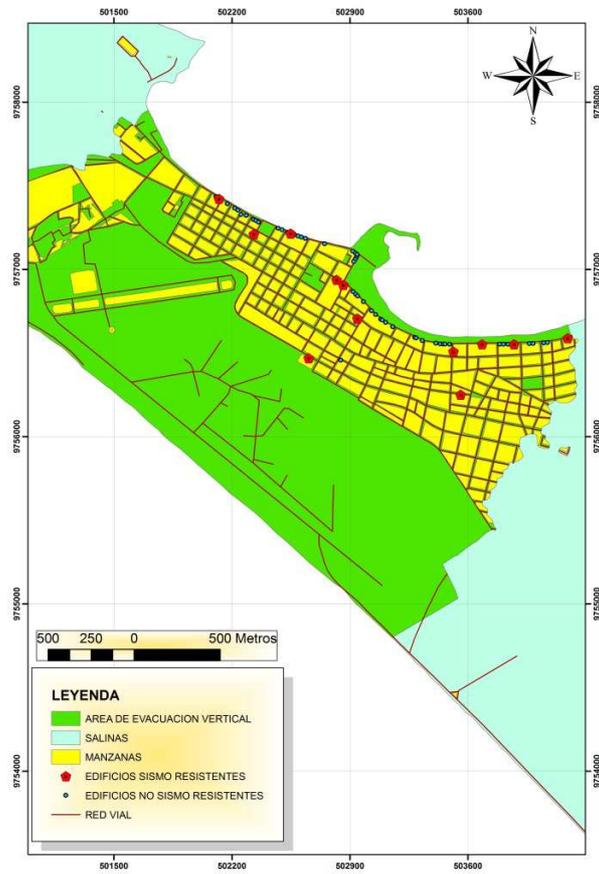


Figura 3.24 Edificios sismo resistentes de Salinas.

Tabla 3.3 Edificios Sismo Resistentes del área de estudio de Bahía de Caráquez.

| NOMBRE | EDAD | SISMO RESISTENCIA | ESTE | NORTE |
|------------------|---------|-------------------|--------|---------|
| HOTEL LA PIEDRA | 14 años | SI | 564019 | 9934153 |
| COSTA MAR | 30 años | SI | 564277 | 9933804 |
| PUNTA NORTE | 25 años | SI | 564101 | 9934205 |
| VISTA MAR | 20 años | SI | 564236 | 9934302 |
| CAPITAN | 20 años | SI | 564274 | 9934285 |
| TORREMAR | 23 años | SI | 564344 | 9934180 |
| EL PIRATA | 20 años | SI | 563943 | 9933845 |
| OCEAN BAY TOWERS | 0 años | SI | 564063 | 9934153 |
| AKUABA | 0 años | SI | 564279 | 9933816 |

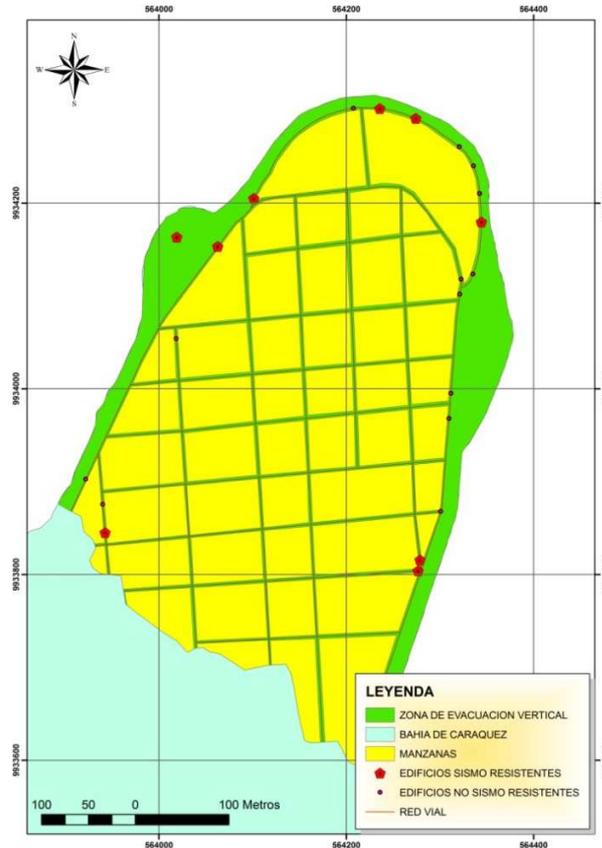


Figura 3.25 Edificios sismo resistentes de Bahía de Caráquez.

3.2.2 Consideraciones de Elevación

Para que una edificación se pueda utilizar como estructura de evacuación vertical es esencial que la altura del edificio sea mayor que la altura máxima calculada de la ola del tsunami. Se debe tomar en cuenta además de la altura de la posible ola, la salpicadura del agua causada por el impacto de las ondas del tsunami y el nivel de ansiedad de los evacuados que buscan refugio en la estructura.

Tomando en cuenta los parámetros anteriormente mencionados se optó por adicionar 3 metros a la altura máxima de la ola calculada, con el fin de

determinar la altura mínima que los edificios deben tener para que puedan ser considerados como refugios de evacuación vertical. La altura calculada de la inundación de la ola es de 6 metros más 3 metros de penalización por otros conceptos, darían la cota de 9 metros como altura mínima de las edificaciones.

La altura promedio de cada piso corresponde a 2,5 metros; los 9 metros de la altura mínima divididos para 2,5 (que equivale a 1 piso), arroja un resultado de 3,6 pisos valor que corresponde en la realidad al cuarto piso, por lo que los edificios a tomarse en cuenta deberán tener de una altura mínima de 5 pisos.

Bajo estas consideraciones y haciendo una nueva clasificación de las edificaciones ya identificadas, los edificios que cumplen con los requerimientos de altura serían los mismos descritos en la tabla 3.2, para la ciudad de Salinas.

Por el contrario sometiendo, la mayoría de los edificios en la ciudad de Bahía de Caráquez presentan una altura mayor a 4 pisos, a excepción del Hotel La Piedra que posee solamente 3 pisos de altura y está ocupando la zona de playa, por lo cual no solamente se lo eliminó como posible punto de seguridad, sino que está identificado como una de las estructuras que serán totalmente afectadas de ocurrir un tsunami. (Figura 3.26)

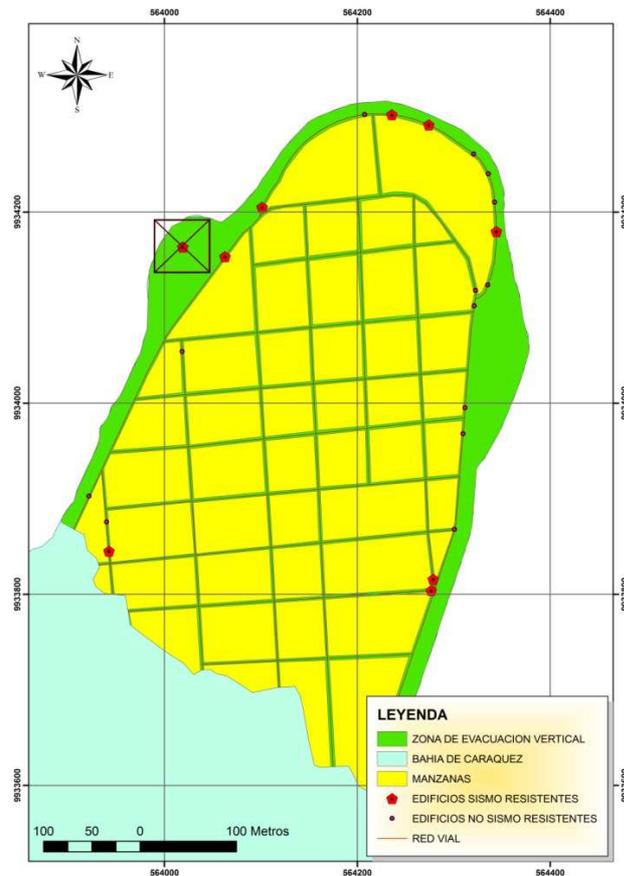


Figura 3.26 Discriminación de edificios por altura mínima de Bahía de Caráquez.

3.2.3 Consideraciones de Peligrosidad Cercana

Como el nombre lo indica, consiste en analizar los posibles peligros presentes en las cercanías de las estructuras de evacuación, ya que, si bien las estructuras escogidas presentan características sismo resistentes, pueden ser afectadas en igual o en mayor medida por factores externos y ajenos a las estructuras.

Las fuentes potenciales de peligro pueden ser el continuo accionar de las olas contra las edificaciones, fuentes de desechos que se acumulen y choquen

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

contra las estructuras constantemente, estructuras no sismo resistentes demasiado cercanas a las edificaciones destinadas a funcionar como puntos de evacuación (Fotografía 3.5), posibles fuentes desencadenadoras de incendios y el principal factor de peligrosidad lo conformaría el mar mismo, por lo cual la línea de costa, en sí misma, se la considera como una zona de peligro.

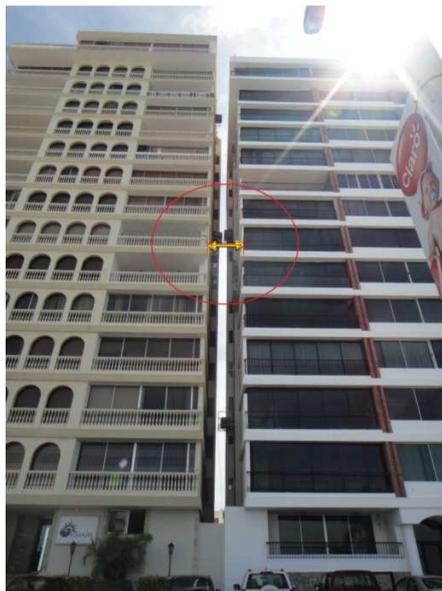


Foto: Andrés Matheus.

Fotografía 3.5 Distancia corta entre 2 edificios con diferentes comportamientos sísmicos.

Conforme a las consideraciones anteriores, el primer factor a evaluar sería la cercanía de edificaciones que no presenten características sismo resistentes debido a que al momento de presentarse un sismo y posterior tsunami las dos estructuras presentarán comportamientos diferentes y el de menor resistencia podría ocasionar daños graves al edificio donde se alojarían o estarían alojados los evacuados. De acuerdo a este criterio se procedió a eliminar

como posibles puntos de seguridad de la ciudad de Salinas a los edificios Mar de Plata y Olympus (Figura 3.27).

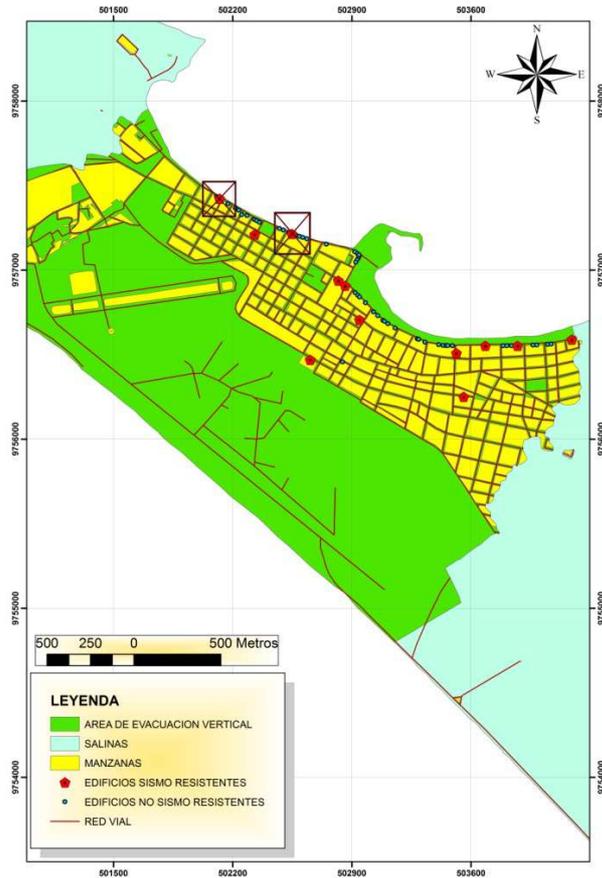


Figura 3.27 Discriminación de edificios por vecindad de estructuras inestables de Salinas.

En la ciudad de Bahía de Caráquez no se eliminó ningún punto de seguridad ya que los edificios están separados entre sí, por lo que no existe la posibilidad de daño por interacción entre las estructuras.

El segundo parámetro de discriminación se lo aplicó bajo el concepto de, presencia cercana de fuentes de escombros, los mismos que con el accionar de las olas podrían entrar en contacto y causar daños a la estructura de las

edificaciones que en esos momentos estarían sirviendo de puntos de seguridad para los evacuados.

Para la Ciudad de Salinas, mediante inspección de campo, se identificó la fuente principal de escombros al “Salinas Yatch Club”, por ocupar la zona de playa y porque están fondeadas permanentemente un promedio de 50 a 100 embarcaciones pequeñas y medianas (Figura 3.28), las cuales en caso de tsunami chocarían contra las edificaciones y podrían ocasionar daños en las estructuras. Consecuentemente, se decidió excluir del análisis a los edificios cercanos al “Yatch Club”, en una distancia aproximada de 500 metros a lo largo del malecón, a partir del “Hotel Yulee” incluyendo al edificio “Atlantic”. (Figura 3.29).



Imagen: <http://googleearthonline.blogspot.com>

Figura 3.28 Imagen satelital del Salinas Yatch Club.

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA



Figura 3.29 Discriminación de edificios por potenciales daños por escombros, en Salinas.

Siguiendo el mismo criterio, en Bahía de Caráquez la mayor fuente de desechos sería el “Hotel La Piedra” ya que la acción mecánica de las olas del tsunami sobre esa estructura generaría desechos que, mezclados con el agua en régimen turbulento, podrían impactar contra las viviendas y edificios cercanos. La construcción que se encuentra más cercana a esta fuente de desechos es el edificio Ocean Bay Towers, por lo que se lo eliminó como potencial punto de seguridad. (Figura 3.30).

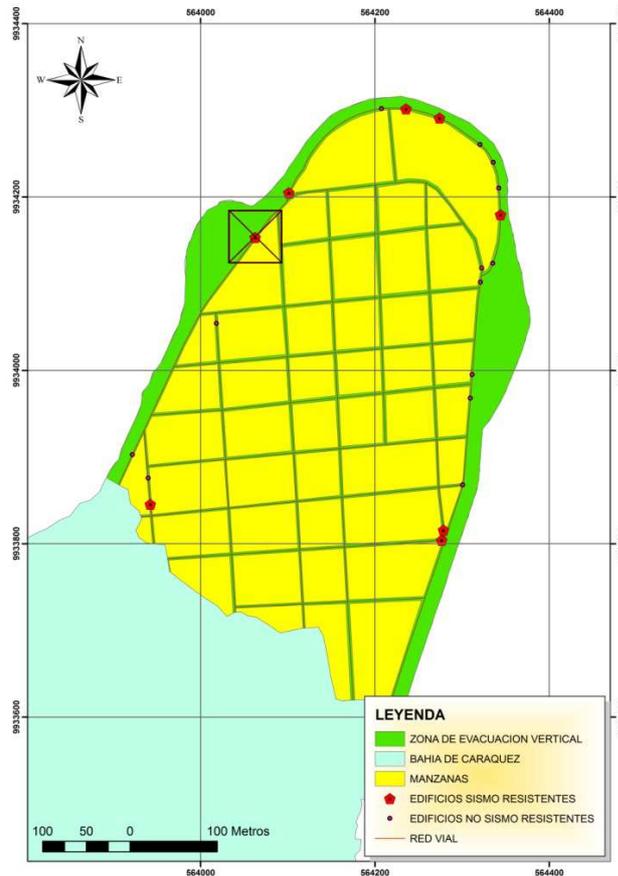


Figura 3.30 Discriminación de edificios por potenciales daños por escombros, en Bahía.

El tercer parámetro de discriminación que se aplicó a la zona de evacuación vertical fue el de considerar a la línea de playa como una zona de peligro directo; por tanto, los edificios ubicados muy cerca de la playa (es decir, a lo largo del malecón), se deberían excluir del análisis.

Bajo este criterio, en Salinas se debería eliminar 3 edificaciones más, pero si se eliminan estos 3 edificios, ocurre que todo el extremo Noroeste de la zona considerada de evacuación vertical quedaría desprovista de un punto de seguridad para evacuar a los habitantes de la zona, por ello se decidió dejar al edificio Aquamarina como punto de evacuación, ya que su construcción no

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

estará terminada hasta dentro de un año, (2013), tiempo en el cual se podría añadir o modificar su diseño, implantando obras de protección para evitar la acción del oleaje en los accesos inferiores y verticales, con el fin de dar facilidades a las personas evacuadas. Además tiene una altura de 22 pisos, lo que permitiría alojar a una mayor cantidad de personas.

Sobre la base del criterio anterior, se eliminaron los edificios Hotel Bleu y el Hotel Barceló Colón Miramar. (Figura 3.31).

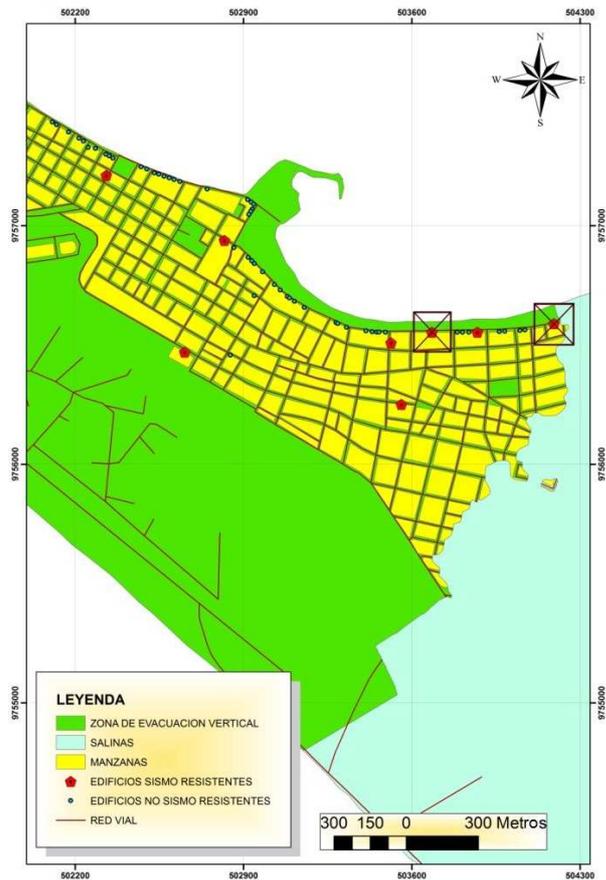


Figura 3.31 Discriminación de edificios por Línea de Costa de Salinas.

En el caso de la Ciudad de Bahía de Caráquez el 90% de las estructuras identificadas como sismo resistentes están ubicadas muy cerca de la playa a lo largo del malecón, si discriminaríamos a las edificaciones bajo la consideración anterior, la zona de evacuación vertical contaría únicamente con un punto de seguridad, con lo que las pérdidas humanas serían considerables. Por lo antes mencionado se decidió no eliminar a ningún edificio en dicha ciudad.

3.2.4 Consideraciones de Espaciamento

Para que una estructura pueda ser considerada como un refugio de evacuación vertical es de primordial importancia el que sus accesos inferiores, dentro de lo posible, estén siempre abiertos, el diseño de sus rutas de ascenso sean amplias y cuenten con las seguridades respectivas, además las edificaciones deben brindar espacios lo suficientemente grandes para alojar temporalmente a los evacuados hasta que se dé el retroceso del mar.

Para la Ciudad de Salinas hasta el momento restan 7 edificios que serían ideales para ser puntos de seguridad, de los cuales todos presentan accesos inferiores siempre abiertos, a excepción de uno, el edificio Phoenix que tiene un acceso a parqueaderos en el primer nivel cerrado por una puerta eléctrica, el ingreso peatonal está ubicado en un nivel superior al de la vereda y la puerta principal de acceso se encuentra de igual manera controlada eléctricamente desde el interior del edificio. Además no se nos permitió el

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

ingreso para realizar un reconocimiento de las características de los ascensos y dimensiones interiores de la estructura. (Fotografía 3.6)



Fuente: Andrés Matheus

Fotografía 3.6 Ingreso inferior edificio Phoenix.

En base a la descripción anterior se decidió excluir del análisis al edificio Phoenix, por presentar restricciones y falencias en cuanto a los ingresos inferiores. (Figura 3.32)



Figura 3.32 Discriminación de edificios por accesos inferiores de Salinas.

Al analizar la Ciudad de Bahía de Caráquez bajo este parámetro de discriminación nos encontramos con tres edificios de similares características, es decir, presentan un solo acceso para vehículos con portón eléctrico. El acceso peatonal se encuentra en el segundo nivel de la estructura y está restringido por una puerta eléctrica controlada desde el interior. Por ello se decidió eliminar a los edificios Costa mar, El Pirata y Capitán. (Figura 3.33)

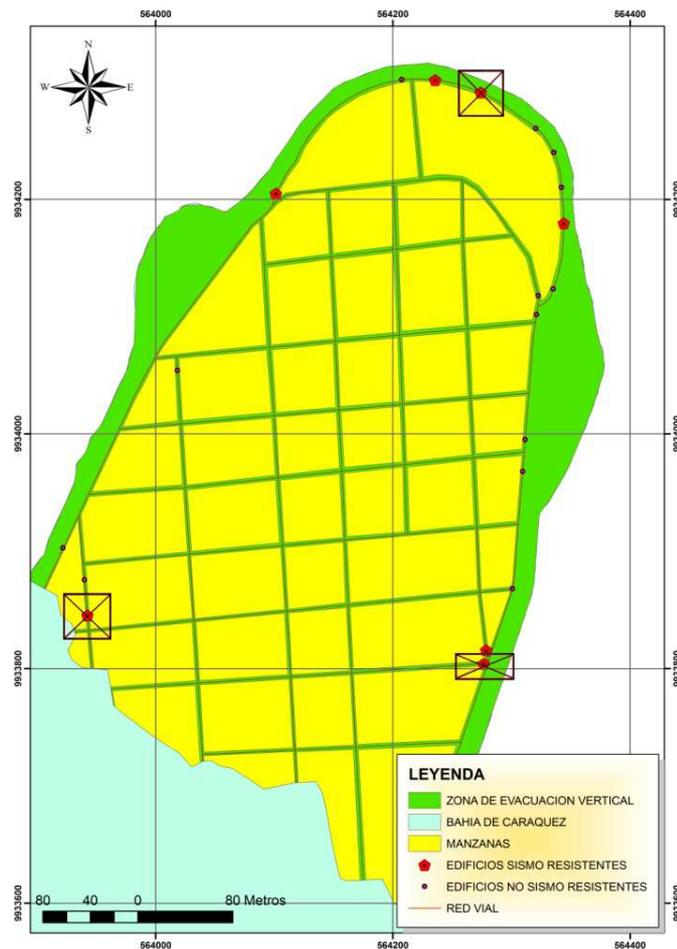


Figura 3.33 Discriminación de edificios por accesos inferiores de Bahía de Caráquez.



Foto: Andrés Matheus

Fotografías 3.7 y 3.8 Restricciones e impedimentos en accesos inferiores.

3.2.5 Consideraciones Históricas

Los datos históricos son un factor de gran importancia ya que nos muestran las consecuencias reales y el comportamiento que pueden tener las estructuras frente a un sismo, por ello se incluyeron los datos históricos como factor de discriminación de edificaciones. La ciudad de Salinas no cuenta con datos de daños ocasionados por sismos recientes, pero la ciudad de Bahía de Caráquez el 4 de agosto de 1998 fue sacudida por un sismo de 7,1 en la escala de Richter, con epicentro ubicado en Briceño. El sismo ocasionó graves daños en las estructuras de la ciudad. Tiempo después la Escuela Politécnica Nacional publicó una revista donde se describe a detalle la magnitud del desastre analizando el nivel de afectación a las edificaciones existentes en esa época, a través de una tabla. (Figura 3.34)

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

| EDIFICIO | | | | | | EDIFICIO | | | | | |
|----------|-----------------|----------|---------|-------|--------|----------|-----------------|----------|---------|-------|--------|
| N° | NOMBRE | N° Pisos | ZONA | GRADO | AFECT. | N° | NOMBRE | N° Pisos | ZONA | GRADO | AFECT. |
| 1 | El Viga | 10 | SW | 0 | 0% | 21 | Municipio | 4 | Central | 0 | 0% |
| 2 | Las Brisas | 11 | SW | 0 | 0% | 22 | Banco Pichincha | | Central | | |
| 3 | Horizonte | 11 | SW | 0 | 0% | 23 | Bahía Marina | | | | |
| 4 | Dos Hemisferios | 11 | SW | 2 | 80% | 24 | Bahía Blanca | | | | |
| 5 | Calepio | 6 | NE | 3 | 100% | 25 | Los Saens | | | | |
| 6 | Cabo Corral | 10 | NE | 2 | 100% | 26 | El Centinela | 8 | SW | 1 | 50% |
| 7 | Iglesia | 1 | N | 3 | 100% | 27 | Hotel Italia | 5 | Central | 3 | 25% |
| 8 | Ext. Univer | 5 | Central | 3 | 60% | 28 | El Portal | 4 | Central | 2 | 50% |
| 9 | Marian Jullé | 7 | NE | 2 | 63% | 29 | iESS | | Central | | |
| 10 | Torre Mar | 8 | NE | 1 | 50% | 30 | BEV | | | | |
| 11 | El Delfín | 6 | NE | 2 | 67% | 31 | ? | | | | |
| 12 | El Almirante | 9 | NE | 2 | 80% | 32 | Karina | 5 | NE | 3 | 100% |
| 13 | Punta Norte | 9 | NE | 0 | 0% | 33 | Las Gaviotas | 5 | NE | 0 | 0% |
| 14 | Neptuno | 6 | NE | 2 | 60% | 34 | Los Corales | 6 | NE | 3 | 33% |
| 15 | Miraflores | 11 | NE | 2 | 70% | 35 | Colegio Inmac | 2 | Central | 0 | 0% |
| 16 | Vista Mar | 9 | NE | 2 | 20% | 36 | Barandis Verdes | | NE | | |
| 17 | El Pirata | 7 | SW | 0 | 0% | 37 | Pacific Tel | | Central | | |
| 18 | Sakarigo | 10 | NE | 2 | 80% | 38 | Bomberos | 2 | (NE) | 3 | 100% |
| 19 | Nautilus | 10 | NE | 2 | 60% | 39 | Spondylus | 9 | (NE) | 2 | 80% |
| 20 | Banco Central | 6 | (NE) | 1 | 83% | 40 | En Esquina | 6 | SW | 0 | 10% |

Fuente: EPN, 1998.

Figura 3.34 Grado de afectación de las edificaciones de Bahía de Caráquez.

La información extraída del estudio realizado por la Escuela Politécnica Nacional, evidencia que varias edificaciones fueron afectadas en al menos 20% de su estructura y algunas de ellas siguen en pie hasta la actualidad y simplemente se las restauró y se presume que de suscitarse nuevamente un evento destructivo como el sismo del año 1998 dichas estructuras se comportaran de igual manera. Por ello se excluyó del estudio a los edificios Vista Mar y Torremar, los cuales presentaron una afectación en el 20% y 50% de sus estructuras respectivamente. (Figura 3.35)

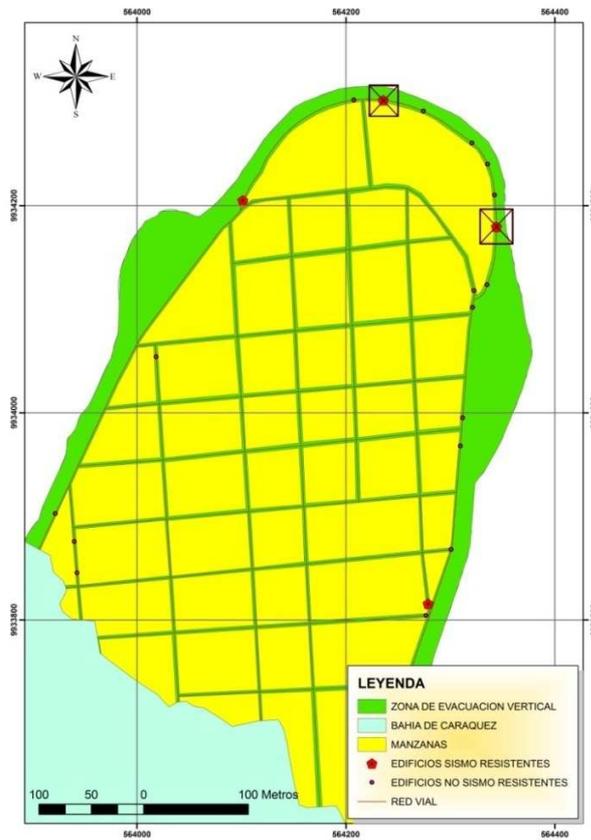


Figura 3.35 Discriminación de edificios por datos históricos en Bahía.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Resultados de la Delimitación del Área de Estudio

Se tomaron datos de la tesis de grado realizada por Jeanneth Alvear, (2010), mediante la que se obtuvo como primer producto, el tiempo estimado de llegada de la primera ola para cada una de las ciudades. (Tabla 3.4)

Tabla 3.4 Tiempos de llegada de la primera ola del tsunami.

| CIUDAD | TIEMPO |
|--------------------------------|------------|
| Salinas | 11 minutos |
| Bahía de Caraquez(costa Oeste) | 4 minutos |
| Bahía de Caraquez(costa Este) | 8 minutos |

Los tiempos de llegada de la ola se procedieron a restar de los tiempos de evacuación, las zonas donde los resultados fueron negativos se delimitaron como áreas críticas, en las cuales no es posible realizar una evacuación horizontal a pie. Se obtuvo una zona de estudio o de evacuación vertical para cada una de las ciudades objeto del presente estudio (**ANEXO A1, mapa de delimitación de área de estudio de Salinas. ANEXO A2, mapa de delimitación de área de estudio de Bahía de Caráquez**). Ciudad de Salinas. (Figura 3.36), ciudad de Bahía de Caráquez (Figura 3.37).



Figura 3.36 Delimitación del área de estudio de Salinas.

En color amarillo, se representa el área de evacuación vertical correspondiente a 5,202 km², dentro de la cual se realizarán todos los análisis correspondientes a las metas planteadas para este estudio.

CAPITULO III: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SISMO RESISTENCIA

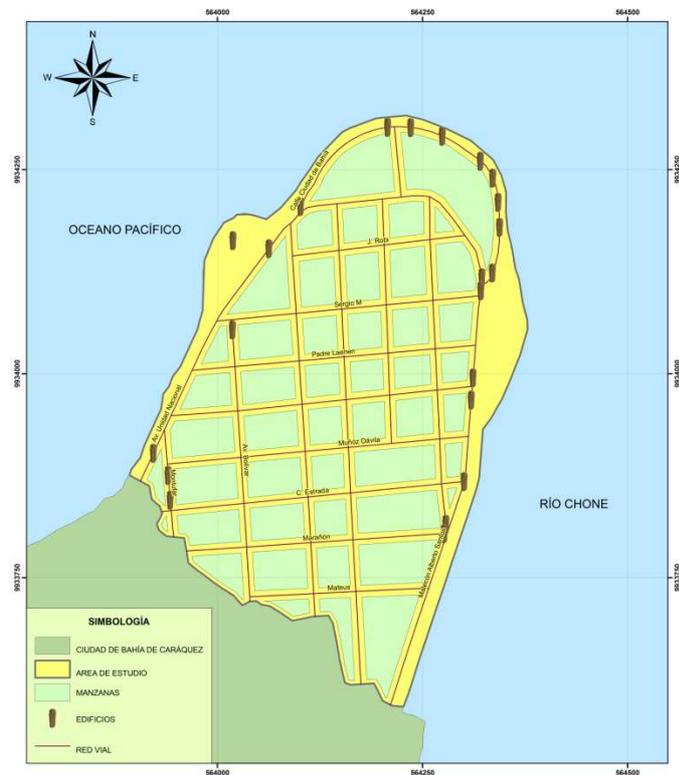


Figura 3.37 Delimitación del área de estudio de Bahía de Caráquez.

En color amarillo está representada el área de estudio o de evacuación vertical obtenida a partir de la metodología, misma que corresponde a 0,217 km².

3.3.2 Resultados del Análisis de Sismo Resistencia

3.3.2.1 Inventario de Edificaciones

Salinas

El área delimitada en la ciudad de Salinas como zona de evacuación vertical consta con un total de 61 edificaciones con una altura mayor a 4 pisos de altura debidamente inventariadas (**ANEXO A3, inventario de edificaciones de la ciudad de Salinas**). De las cuales el 80% son departamentos particulares, de uso ocasional (vacaciones), las que en algunos casos en su

parte inferior presentan locales comerciales y en otros casos presentan ingresos cerrados y restringidos.

Bahía de Caráquez

En la ciudad de Bahía de Caráquez se contabilizaron un total de 22 edificios dentro de la zona de evacuación vertical y 6 edificios extras identificados en las proximidades de la zona de evacuación que se inventariaron. **(ANEXO A4, inventario de edificaciones de la ciudad de Bahía de Caráquez)**. Igualmente el 90% son departamentos particulares, de uso ocasional (vacaciones), y poseen sus accesos inferiores restringidos y cerrados.

3.3.2.2 Mapa de Sismo Resistencia

Salinas

La zona de evacuación vertical de Salinas consta de 12 edificios con características sismo resistentes, con un promedio de 20 años de edad de construcción, buen estado de conservación, buena relación base-altura y con una altura mayor a 4 pisos, distribuidos geográficamente de manera que sería posible cubrir casi la totalidad de la zona de evacuación vertical. **(ANEXO A5, mapa de sismo resistencia de la ciudad de Salinas)**. (Figura 3.38)

Las edificaciones sismo resistentes están representadas con una tonalidad azul y las edificaciones no sismo resistentes se representan con puntos de color rojo. Tomando en cuenta que, la zona de evacuación vertical consta con 61 edificaciones con una altura mayor a 4 pisos, de las cuales únicamente 12

presentan características sismo resistentes, se obtuvo el porcentaje de sismo resistencia del área de estudio correspondiente al 40,90%.

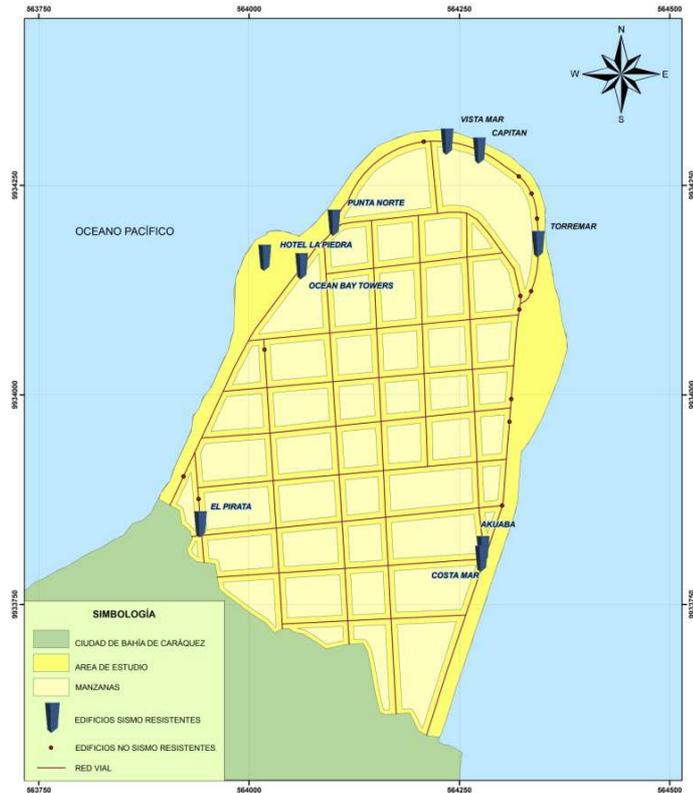


Figura 3.39 Edificaciones sismo resistentes de Bahía de Caráquez.

3.3.2.3 Puntos de seguridad

Salinas

Al pasar los filtros de discriminación por las edificaciones sismo resistentes en la ciudad de Salinas, se obtuvo un total de seis edificios, los mismos que para fines de análisis de redes, serán llamados puntos de seguridad. Dichos puntos además de contar con características sismo resistentes, cuentan con accesos amplios, que permitirán el ascenso de los evacuados de una manera segura y relativamente rápida.

Las calles y avenidas que permiten llegar a cada uno de los puntos de seguridad están en buen estado, son amplias y no presentan congestión por tráfico automotriz, lo cual otorgaría un buen valor de accesibilidad a las zonas cercanas a dichos puntos.

La altura de cada uno de los puntos de seguridad está por encima de la altura máxima calculada de la inundación: es decir, 9 metros o 4 pisos de altura. Dos de ellos están en proceso de construcción por lo cual se pueden realizar variaciones en su diseño, con el fin de hacerlos óptimos para funcionar como estructuras de evacuación vertical y corresponden a el Hotel Aquamarina y el Edificio Port Royal Place. **(VER ANEXO A7, mapa de puntos de seguridad de la ciudad de Salinas).** (Figura 3.40)



Figura 3.40 Puntos de seguridad de Salinas.

Los puntos de seguridad están representados como gráficos de edificios en tercera dimensión y se observa claramente su distribución espacial.

Bahía de Caráquez

El análisis de sismo resistencia y determinación de puntos de seguridad que se aplicó a los edificios del área crítica de la ciudad de Bahía de Caráquez, arrojó dos puntos de seguridad para la zona de evacuación vertical, los mismos que se encuentran en la esquina noroeste y sureste del área de estudio. Los accesos inferiores y verticales del edificio Punta Norte son amplios y brindan las seguridades requeridas para una evacuación de emergencia. El edificio Akuaba está en proceso de construcción por lo cual sus accesos pueden modificarse de tal manera que sea una estructura totalmente óptima para funcionar como refugio de evacuación vertical. **(ANEXO A8, mapa de puntos de seguridad de la ciudad de Bahía de Caráquez).** (Figura 3.41)

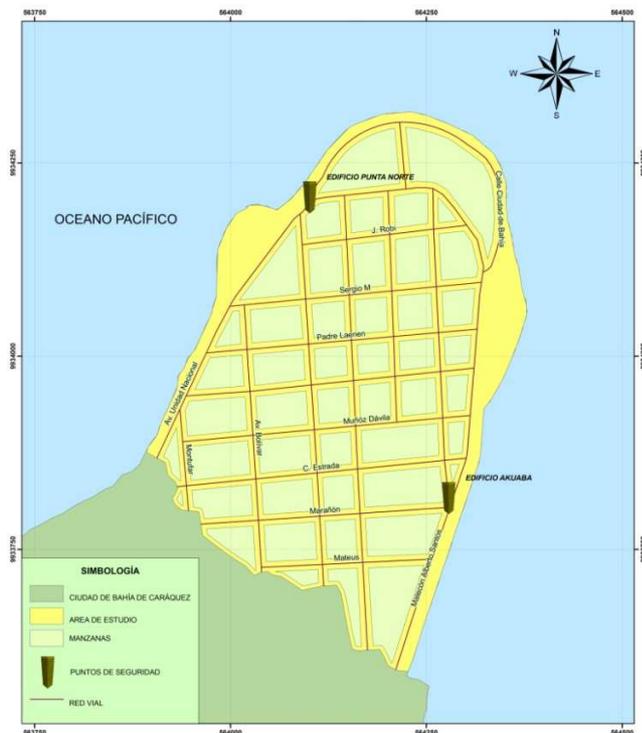


Figura 3.41 Puntos de seguridad de Bahía de Caráquez.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

4.1 METODOLOGIA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El análisis de vulnerabilidad es determinante al momento de preparar a la comunidad para soportar, manejar y reponerse de un evento destructivo, esto debido a que delimita zonas de acuerdo al valor de susceptibilidad para la amenaza considerada. Los tipos de vulnerabilidad considerados son: socioeconómica, infraestructura física, servicios básicos, servicios y organización comunitaria, vías de comunicación y percepción del riesgo, entendida, en este estudio, no tanto como el conocimiento del medio y los eventos adversos que lo amenazan, sino más bien como la mayor o menor capacidad de reacción o respuesta de la comunidad ante un tsunami, debido al escaso margen de tiempo que existe antes del arribo del oleaje a la costa.

Para realizar un correcto análisis de vulnerabilidad es indispensable hacer visitas de campo, con el objetivo de obtener información necesaria de fuente primaria, es decir, directamente de los habitantes de la zona y también para comprobar y validar los resultados.

4.1.1 Ficha de captura de información

Con la finalidad de obtener, homogenizar y sistematizar los datos de campo de una manera rápida, fue necesario diseñar una ficha de captura de información, con preguntas cerradas para facilitar la interacción entre encuestadores y encuestados y el posterior tratamiento de los datos.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

A continuación se presenta un fragmento de la ficha de captura de información que se aplicó. (Figura 4.42)

| | | | | | | | | |
|--|-----------------|------------------|---------------|-----------|------------------|----------------------------|-------|----|
| 1. DATOS GENERAL | | | | | | | | |
| Ubicación | | | | | | | | |
| ESTE | | | | Barrio | | | | |
| NORTE | | | | Dirección | | | | |
| 2. INFRAESTRUCTURA EN SU BARRIO | | | | | | | | |
| Cuenta el barrio con casa comunal? | | | | | | | SI | NO |
| En donde se reúne la comunidad para tratar temas de importancia? | | | | | | | | |
| Cuál es el mejor momento para reunir a la comunidad o barrio? | | | | | | | | |
| Día | Hora | Lugar | | | | | | |
| Existen dirigentes o presidentes barriales o comunales? | | | | | | | SI | NO |
| Indique los nombres, direcciones, teléfonos: | | | | | | | | |
| Existen áreas verdes y parques en su barrio? | | | | | | | SI | NO |
| Amplia | Plana | Santarios | | | | | | |
| Que días a la semana son los más concurridos por los pobladores a estas áreas? | | | | | | | | |
| Lunes-Viernes | Fin de semana | | | Feriados | | | | |
| Que número de personas aproximadamente visitan estas áreas a la semana? | | | | | | | | |
| 0-50 personas | 50-100 personas | 100-200 personas | >200 personas | | | | | |
| Asisten personas con capacidades especiales a dichas áreas? | | | | | | | SI | NO |
| La casa donde vive usted y su familia es? | | | | | | | | |
| Arendada | Propio | Prestado | Anticresis | | Otro | | | |
| Cuenta con servicios básicos en su vivienda? | | | | | | | | |
| Servicio | Frecuencia | | | | Estado | | | |
| | SI | No | Ocasional | Siempre | Malo | Regular | Bueno | |
| Energía eléctrica | | | | | | | | |
| Alumbrado público | | | | | | | | |
| Teléfono fijo | | | | | | | | |
| Cobertura celular | | | | | | | | |
| Agua potable | | | | | | | | |
| Otro sistema de agua potable | | | | | Pozo Tanquero | Agua entubada Vertiente | | |
| Alcantarillado de aguas servidas | | | | | P.septico. | Letrina Alc. Publico | | |
| Como se elimina la basura en su barrio? | | | | | | | | |
| Municipal | Queman | Entierran | | Reciclan | | | | |
| 3. VIALIDAD Y TRANSPORTE EN SU BARRIO | | | | | | | | |
| De que material son las vías principales de acceso a su barrio? | | | | | | | | |
| Pavimento | Adoquin | Piedra | Lastre | Yierra | Otro | | | |
| En que estado se encuentran las vías de su barrio? | | | | | | | | |
| Buena | Mala | | | Regular | | | | |
| Que tipo de transporte público tiene en su barrio? | | | | | | | | |
| Buses | Busetas | Metro | Taxis | Otro | | | | |
| Cuantas líneas de transporte público dan servicio en su barrio? | | | | | | | | |
| De que hora hasta que hora existe servicio de transporte público? | | | | | | | | |

Figura 4.42 Fragmento de la ficha de captura de información.

Cada ficha posee un código de identificación y coordenadas geográficas para su georreferenciación, información que se requirió para el cálculo de vulnerabilidades parciales y totales por cada ficha. Con los valores de vulnerabilidad obtenidos se pudo cartografiar las vulnerabilidades parciales y totales en 7 mapas temáticos por cada ciudad.

4.1.2 Diseño de la matriz de vulnerabilidad

Después de haber obtenido los datos a través de la fichas de captura de información, se procedió a crear una matriz de vulnerabilidad en una hoja de cálculo, para tabular las respuestas y asignar pesos o ponderaciones según la respuesta obtenida. Se presenta un fragmento de la matriz de vulnerabilidad creada para las dos ciudades, donde constan todos los datos obtenidos de la comunidad y las ponderaciones asignadas a cada respuesta. (Figura 4.43)

| SOCIOECONOMICA | | | | | | |
|--|-----------------------|----|----|----|----|----|
| PONDERACION | CODIGO DE FICHA | 1A | 2A | 3A | 4A | 5A |
| Cuenta el barrio con casa comunal? | | | | | | |
| 4 | NO | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | SI | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA | | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Existen dirigentes o presidentes barriales o comunales? | | | | | | |
| 4 | NO | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | SI | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA | | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Existen áreas verdes y parques en su barrio? | | | | | | |
| 0 | NO | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | SI(amplio y adecuado) | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Que días a la semana son los más concurridos la zona turística de la ciudad? | | | | | | |
| 2 | LUN-VIE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | FIN DE SEMANA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | FERIADO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Que numero de personas aproximadamente visitan estas áreas a la semana? | | | | | | |
| 1 | 0-50 PER | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 50-100 PER | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 100-200 PER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | MAS 200 PER | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VULNERABILIDAD POR PREGUNTA | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |

Figura 4.43 Fragmento de la matriz de vulnerabilidad.

A: Tipo de vulnerabilidad para la amenaza de tsunami.

B: Código de identificación de la ficha.

C: Ponderación asignada a cada respuesta.

D: Indicadores de vulnerabilidad.

E: Respuestas de opción múltiple.

F: Valor ponderado del indicador de vulnerabilidad.

4.1.3 Tabulación de datos

A cada opción de respuesta se le asignó un peso según el grado de influencia que ésta tenga ante la amenaza tsunami. Considerando la escala del trabajo, se clasificó a la vulnerabilidad cualitativa en 5 categorías, cada una de las cuales tiene su respectiva correspondencia cuantitativa porcentual, como se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Vulnerabilidades obtenidas.

| VULNERABILIDAD CUALITATIVA | VULNERABILIDAD CUANTITATIVA (%) |
|-----------------------------------|--|
| MUY ALTA | 100 |
| ALTA | 80 |
| MEDIA | 60 |
| BAJA | 40 |
| MUY BAJA | 20 |

Se obtuvo valores ponderados de cada indicador de todas las fichas obtenidas en campo, se ordenó estos valores en una nueva matriz para obtener un valor total para cada tipo de vulnerabilidad. El valor de vulnerabilidad parcial se obtuvo aplicando estadística descriptiva, en sentido vertical, en este caso se utilizó la función Moda, la misma que utiliza la frecuencia de los valores ponderados. Se presenta un fragmento de la matriz de valores ponderados de un tipo de vulnerabilidad. (Figura 4.44)

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

| INFRAESTRUCTURA FISICA | 1A | 2A | 3A | 4A | 5A |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| En que consiste el sistema estructural de su vivienda? | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Cual es el tipo de materiales de las paredes de su vivienda? | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| Cual es el tipo de cubierta de su vivienda? | 4 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| Cual es el sistema de entrepisos de vivienda? | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Numero de pisos de su vivienda? | 3 | 1 | 4 | 4 | 2 |
| Año de construcción de su vivienda? | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| Cual es el estado de conservación de su vivienda? | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Características del suelo sobre el cual se asentada su vivienda? | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Cual es la topografía del sitio? | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Forma de construcción de su vivienda? | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| VULNERABILIDAD PARCIAL POR FICHA | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |

A
B

Figura 4.44 Fragmento de la matriz de valores ponderados.

A: Vulnerabilidad parcial por ficha, de infraestructura física.

B: Valores ponderados de cada indicador.

Al tener valores de vulnerabilidad parcial por cada tipo de vulnerabilidad se procedió a aplicar nuevamente la función estadística Moda en sentido horizontal para obtener el valor de vulnerabilidad total por tipo de vulnerabilidad para toda la zona de estudio. (Figura 4.45).

| VALORES DE CADA FICHA VULNERABILIDAD SERVICIOS ORG COMUNITARIA | 7B | 8B | 9B | 10B | 11B | VULNERABILIDAD SERVICIOS Y ORG COMUNITARIA |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| Que unidad de salud existe en su barrio? | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| Que horario cumple? | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| Quiénes utilizan con frecuencia los centros de salud de su barrio? | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| Que tipos de centros educativos existen en su barrio? | 6 | 4 | 4 | 6 | 2 | |
| Dispone el centro educativo con espacios amplios, aulas en buen estado y baterías sanitarias? | 2 | 5 | 5 | 2 | 5 | |
| Que jornada tiene la institución educativa? | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | |
| En que estado se encuentra el edificio educativo? | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| Cuenta el barrio con centros culturales o turísticos? | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | |
| El municipio tiene programas de apoyo al ecoturismo? | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| Existen bibliotecas en su barrio? | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Existe centro de desarrollo comunitario en su barrio? | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | |
| Existe un sistema de alarma comunitaria en su barrio? | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | |
| Existen unidades de vigilancia o retenes policiales en su barrio? | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| Con que centros de emergencia cuenta su barrio? | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | |
| El barrio cuenta con un sistema de monitoreo y vigilancia? | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| El barrio tiene hidrantes? | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| El barrio cuenta con un sistema de albergues en caso de emergencia? | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Cuenta el barrio con casa comunal? | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| Cuenta el barrio con dirigentes o presidentes barriales? | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| VULNERABILIDAD PARCIAL POR FICHA | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |

A

Figura 4.45 Fragmento de la matriz de valores de vulnerabilidad parcial.

A: Vulnerabilidad total por tipo para toda la zona de estudio.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Finalmente para obtener valores totales de vulnerabilidad por cada ficha, se procedió a generar una nueva matriz, donde constan los valores de vulnerabilidad parcial por ficha de todos los tipos de vulnerabilidad y en este caso, debido a que se tenían valores dispersos, se utilizó la función estadística Media Aritmética por ajustarse mejor a la realidad de cada ciudad. (Figura 4.46).

| VALORES DE VULNERABILIDAD PARCIAL | 1A | 2A | 3A | 4A | 5A |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| SOCIO ECONOMICA | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| INFRAESTRUCTURA | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| SERVICIOS BASICOS | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| SERVICIOS Y ORGANIZACIÓN COMUNITARIA | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| PERCEPCION DEL RIESGO | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| VIAS DE COMUNICACIÓN | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| VULNERABILIDADES TOTALES POR CADA FICHA | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

A

B

Figura 4.46 Fragmento de la matriz de vulnerabilidad total por ficha.

A: Vulnerabilidad total por cada ficha para toda la zona de estudio.

B: Valores de vulnerabilidad parcial por cada tipo de vulnerabilidad.

4.2 RESULTADOS

4.2.1 Matriz de vulnerabilidad

La matriz de vulnerabilidad es el instrumento que permite realizar el análisis de vulnerabilidad y constituye la base para la obtención de los demás resultados. La matriz estandarizada contiene: los tipos de vulnerabilidades consideradas para este estudio (6 vulnerabilidades), indicadores de vulnerabilidad, ponderaciones, valores ponderados, vulnerabilidades parciales por ficha, vulnerabilidades totales por tipo de vulnerabilidad y valores de vulnerabilidad

total por manzana, en la zona de estudio. Para cada ciudad se realizó el respectivo análisis de vulnerabilidad estandarizado. **(ANEXO B9, matriz de vulnerabilidad de Salinas. ANEXO B10, matriz de vulnerabilidad de Bahía de Caráquez).**

4.2.2 Mapa de vulnerabilidad

A partir de la información obtenida de la matriz de cada ciudad, se procedió a generar la siguiente cartografía temática: 6 mapas que representan las vulnerabilidades cuantitativas parciales: socioeconómica, infraestructura física, servicios básicos, organización comunitaria, percepción del riesgo (capacidad de reacción) y vías de comunicación. **(ANEXOS B11-B16, mapas de tipos de vulnerabilidad de Salinas. ANEXOS B17-B22, mapas de tipos de vulnerabilidad de Bahía de Caráquez).** Además se obtuvo 1 mapa de vulnerabilidad total para cada ciudad. **(ANEXO B23, mapa de vulnerabilidad total de Salinas. ANEXO B24, mapa de vulnerabilidad total de Bahía de Caráquez).**

Posteriormente se procedió a generar la estrella de vulnerabilidad total para el área de estudio de cada ciudad, que muestra de manera grafica los valores porcentuales de las 6 vulnerabilidades indicadas. **(ANEXO B25, estrella de vulnerabilidad total para Salinas. ANEXO B26, estrella de vulnerabilidad total para Bahía de Caráquez).**

Salinas



Fuente: <http://googleearthonline.blogspot.com>.

Figura 4.47 Imagen satelital de la zona de estudio en la ciudad de Salinas.

La ciudad de Salinas presentó valores de vulnerabilidad en el rango del 60% al 80%, correspondiente a vulnerabilidad media (en tonalidad amarilla) y alta (en tonalidad naranja), respectivamente. (Figura 4.48).

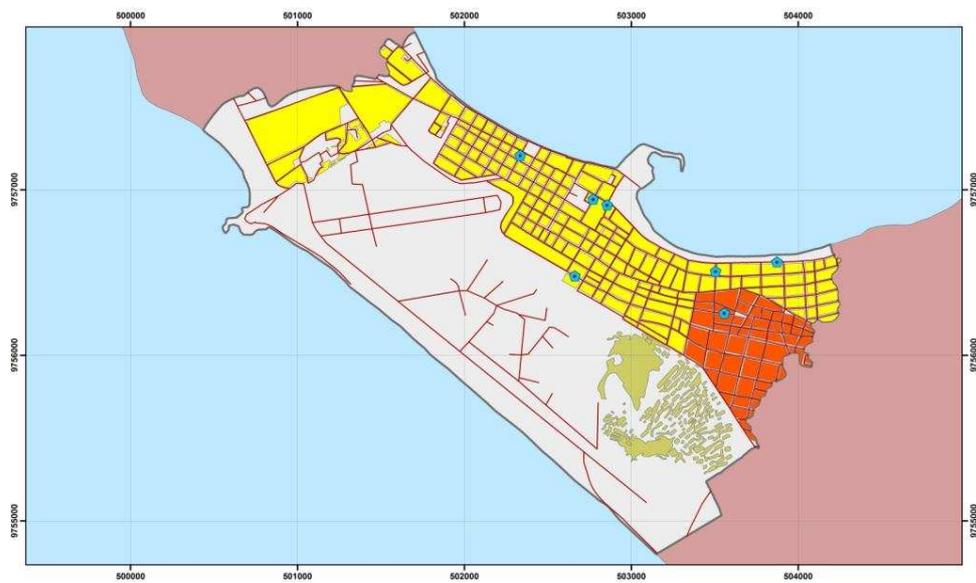


Figura 4.48 Mapa de vulnerabilidad total de Salinas.

Zona de Vulnerabilidad Media:

La zona de Vulnerabilidad Media (figura 4.48, en tonalidad amarilla), ocupa un área de 1,047km² que corresponde al 93% del área urbana.

Se asignó un valor de vulnerabilidad total media, para esta zona, sobre la base del siguiente análisis:

A lo largo del malecón de Salinas existen numerosos edificios de varios pisos de altura (generalmente 10 pisos), con departamentos particulares (muchos de ellos de lujo), para uso vacacional o de descanso, que son ocupados preferentemente los fines de semana y días feriados; el resto del año permanecen deshabitados. Considerando esta circunstancia, la vulnerabilidad cualitativa, desde el punto de vista de los bienes materiales muebles e inmuebles, debería ser alta, por el grado de afectación que causaría el tsunami en los departamentos y en los servicios comunales, (Fotografía 4.9). Sin embargo, se han identificado los siguientes factores modificadores de esta vulnerabilidad:

- Están desocupados la mayor parte del año,
- La afectación del tsunami no involucra al 100% del edificio, sino a los primeros 4 pisos,
- La capacidad económica de sus propietarios es generalmente alta,
- Los propietarios son sujetos de crédito (pueden obtener financiamiento oportuno para las reparaciones del caso y reposición de sus bienes).

Debido a estos factores, la vulnerabilidad cualitativa total es media.



Foto: Andrés Matheus.

Fotografía 4.9 Servicios comunales del edificio Riviera del Mar (Salinas).

A partir de la segunda avenida paralela al malecón hasta los pozos de sal y la pista de aterrizaje, se extiende la ciudad de Salinas propiamente dicha. Tomando en cuenta que el sector central está relativamente alejado de la playa y del impacto directo del oleaje, en caso de tsunami la afectación estaría ocasionada por inundación secundaria permanente debido a la morfología del terreno, con impacto ambiental alto por contaminación e interrupción de los servicios básicos. Por estas circunstancias, a esta zona se le asignó inicialmente un valor de vulnerabilidad total alta. No obstante, luego de analizar las respuestas consignadas en las fichas de captura de información, se identificaron otros modificadores de la vulnerabilidad, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Social y económico: La población está marcadamente estratificada en función de sus ingresos económicos los que están en relación directa a su actividad económica: son empleados públicos, trabajadores del sector

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

privado, pequeños y micro empresarios, militares, entre otros, cuyas viviendas ocupan la zona central de Salinas, (Fotografía 4.10) y constituyen la denominada “clase media”. Sus ingresos oscilan entre 300 y 600 dólares mensuales. En lo referente a los aspectos de educación formal, la mayoría han alcanzado títulos de tercer nivel. Este estrato social es medianamente vulnerable ante cualquier evento negativo debido a su capacidad de endeudamiento, que, aunque limitada, los acredita como sujetos de crédito ante las entidades financieras.



Foto: Andrés Matheus.

Fotografía 4.10 Tipo de viviendas en la zona central de Salinas.

En cambio, los trabajadores informales, (pescadores, pequeños comerciantes, artesanos, empleadas domésticas), constituyen la clase social más vulnerable por sus bajos recursos económicos (ingresos diarios bajos o, en el mejor de los casos, el salario mensual básico) y por su limitado acceso a los servicios de salud y educación (nivel básico incompleto). Habitan los sectores urbano – marginales de la ciudad (zona cercana a los pozos de sal, alrededores del cementerio y vía a “Mar

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Bravo”), en donde, generalmente, no existen los servicios básicos completos debido a que son asentamientos de hecho, que buscan ser legalizados.

- Infraestructura: En la zona central de la ciudad, correspondiente a la clase de ingresos económicos medios, (Fotografía 4.10, pag. 86), existen construcciones que presentan un máximo de 3 pisos de altura con materiales de construcción resistentes, en buen estado, cubierta de asbesto - cemento o losa de concreto armado; muchas son nuevas o están en buen estado de conservación. Por esto, en caso de ocurrencia de inundación por tsunami no sufrirían mayores daños en sus sistemas estructurales; por ello se les asignó un valor de vulnerabilidad media.
- Servicios básicos: En su mayoría todos los habitantes de la zona central cuentan con las redes vitales completas, con buena funcionalidad y mantenimiento. En caso de suscitarse sismo o inundación por tsunami, es muy probable que las redes de servicios no se afecten en su totalidad, por ello el valor asignado a estos servicios fue de vulnerabilidad media.
- Servicios comunitarios: Se evidenció la presencia del Hospital Público “Dr. José Garcés Rodríguez”, ubicado entre la avenida Quito y calle Juan Vargas (en la zona considerada de seguridad), que brinda servicio a la población en general. En la zona central de Salinas no existen bibliotecas ni centros de desarrollo cultural. Cerca al mercado de Salinas existe un parque de diversiones “Salinas Aqa Club” (Fotografía 4.11), que aglutina a

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

los pobladores en días feriados. Por la ubicación, calidad y cantidad de estos servicios, se les asignó un valor de vulnerabilidad baja.



Foto: Andrés Matheus.

Fotografía 4.11 “Salinas Aqa Club”.

- **Red vial:** La red vial existente en la zona central está conformada de calles y avenidas asfaltadas, amplias, en buen estado de conservación (Fotografía 4.12), que permitirían una evacuación rápida hacia los edificios cercanos, considerados de seguridad. Además, por sus características, no necesariamente se destruirían luego de la inundación, razón por la que se les asignó un valor de vulnerabilidad bajo.



Foto: Andrés Matheus.

Fotografía 4.12 Estado de vías de Salinas.

Por los factores antes descritos la vulnerabilidad cualitativa total de la zona analizada corresponde a un valor medio.

Zona de Vulnerabilidad Alta:

La zona de Vulnerabilidad Alta (figura 4.48, en tonalidad naranja, pag. 83), ocupa un área de 0,269km² que corresponde al 7% del área urbana.

Se asignó un valor de vulnerabilidad total alta, para esta zona, sobre la base del siguiente análisis:

A pesar de que la mayor parte de la zona se encuentra alejada de la playa y consecuentemente libre del impacto directo del oleaje en caso de ocurrencia de un tsunami, se le atribuyó un valor alto de vulnerabilidad, debido a que luego del análisis de las respuestas de la población, se evidenciaron modificadores de ésta vulnerabilidad, entre los cuales se mencionan:

- Económico y social: La principal actividad económica de los pobladores de esta zona se centra en el trabajo informal (pequeños comerciantes, pescadores, artesanos, choferes de transporte terrestre, empleadas domésticas, entre otros), los cuales conforman la clase social media – baja y baja. Debido a sus bajos ingresos económicos no son considerados sujetos de crédito por parte de las entidades financieras, por tanto, poseen una reducida capacidad de endeudamiento y respuesta para enfrentar los posibles daños ocasionados por tsunamis, hecho por el cual constituyen el segmento de población más vulnerable frente a un desastre.

En lo social se evidenciaron altos niveles de consumo de alcohol, drogas y venta de artículos de dudosa procedencia, por lo que la zona se considera violenta y peligrosa, factor que afectaría la respuesta inmediata el momento de requerirse una evacuación ya que los individuos podrían encontrarse bajo los efectos del alcohol y de sustancias alucinógenas y psicotrópicas, que alterarían su normal comportamiento.

Como segundo factor social determinante en esta zona, se identificó que la mayoría de personas dejan a sus hijos al cuidado de terceras personas (vecinos y amigos), en horario de trabajo y por ende en caso de una evacuación inmediata la primera respuesta de éstas personas no sería la de evacuar hacia zonas de seguridad, sino la de regresar a su lugar de habitación para reunirse con sus hijos y demás familiares, factor que complicaría el desplazamiento de la población hacia zonas seguras.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

- **Infraestructura**: Las viviendas son en su mayoría de uno o máximo dos pisos de altura, de materiales mixtos (madera y caña), sistema estructural de techos de vigas de madera o caña y cubierta de zinc y sistema de entrepisos con entramado de madera y caña. El promedio de edad de las construcciones es de 30 años; las viviendas están construidas a nivel del suelo y están en regular estado de conservación. Por ello es evidente que al momento de producirse el sismo generador del potencial tsunami, estas viviendas tienen una alta probabilidad de afectarse seriamente por vetustez, (Fotografía 4.13), dejando a sus dueños en calidad de damnificados.



Foto: Andrés Matehus.

Fotografía 4.13 Construcciones mixtas en la zona de alta vulnerabilidad.

- **Servicios comunitarios**: El sector carece de casa comunal y no se pudo identificar al presidente barrial, por lo que se presume que no hay ningún tipo de organización comunitaria. Los centros educativos cercanos son fiscales y en regular estado de mantenimiento. En la visita de campo no se evidenció la existencia de organismos de socorro cercanos al sector.
- **Servicios básicos**: Generalmente no existen los servicios básicos completos debido a que son asentamientos de hecho, que buscan ser legalizados.

- Percepción del riesgo: En este contexto, el escenario es aún más crítico ya que de acuerdo a las respuestas obtenidas, se evidencia un total desconocimiento del fenómeno tsunami, sus efectos en el entorno y de autoprotección ciudadana. Además de no existir un plan de contingencia, tampoco se han recibido capacitaciones en cuanto a gestión de riesgos.

Por los factores antes descritos la vulnerabilidad cualitativa total de esta zona se modificó a la categoría de vulnerabilidad alta.

Bahía de Caráquez



Foto: Jorge Anhalzer.

Fotografía 4.14 Vista aérea de la zona de estudio en la ciudad de Bahía de Caráquez.

En la zona estudiada, a pesar de la existencia de infraestructura física de alta calidad y de constituir el sector de más alta plusvalía e interés turístico - económico, predomina una vulnerabilidad de categoría media (figura 4.49).

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

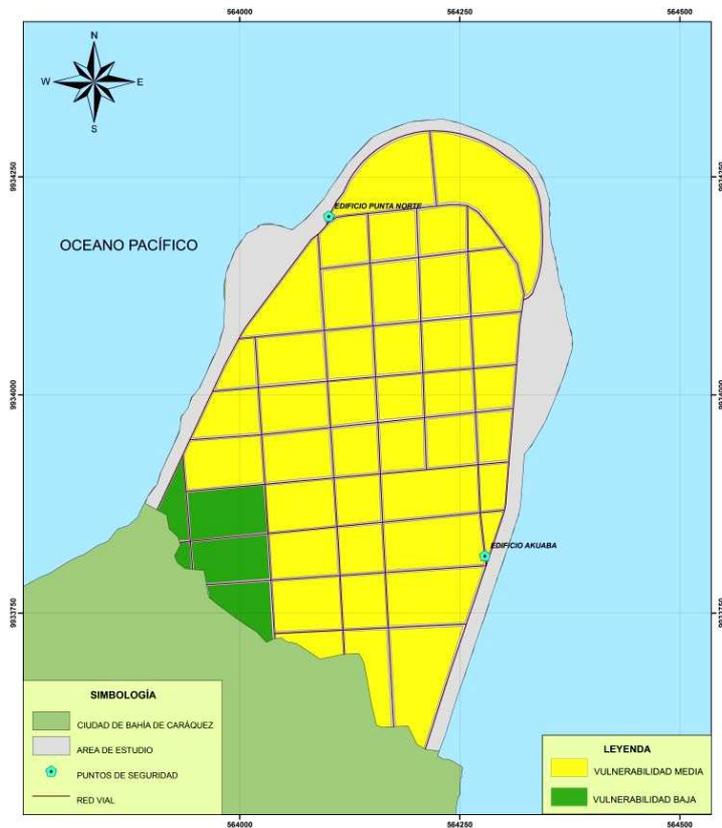


Figura 4.49 Vulnerabilidad total de Bahía de Caráquez.

Zona de Vulnerabilidad Media:

La zona de vulnerabilidad media (figura 4.49, en tonalidad amarilla), ocupa un área de 0,132km² que corresponde al 92% del área total de estudio.

Se asignó un valor de vulnerabilidad total media, para esta zona, en base al siguiente análisis:

A lo largo del “Malecón Virgilio Ratti”, predominan los edificios de varios pisos de altura (generalmente 9 pisos), con departamentos particulares (muchos de ellos de lujo). Entre los edificios también existen viviendas particulares de 1 y 2 pisos de altura (Fotografía 4.15), que serían inundadas por el tsunami.



Foto: Mario Cruz.

Fotografía 4.15 Viviendas ubicadas entre edificios en el “Malecón Virgilio Ratti”.

Desde el punto de vista de los bienes materiales muebles e inmuebles, el valor de la vulnerabilidad cualitativa debería ser alto por el grado de afectación que causaría el tsunami en esta infraestructura. Sin embargo, del análisis de las respuestas obtenidas de las fichas de captura de información, se han identificado factores que modifican esta vulnerabilidad; estos son:

- Los departamentos son de uso vacacional o para descanso, por esto, son utilizados, preferentemente, los fines de semana y días feriados,
- Permanecen desocupados la mayor parte del año,
- La afectación del tsunami no involucra al 100% del edificio, sino a los pisos bajos,
- La capacidad económica y calidad de vida de sus propietarios es generalmente alta,

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

- Los propietarios son sujetos de crédito (pueden obtener financiamiento oportuno para las reparaciones del caso y reposición de sus bienes).

Por lo tanto, la vulnerabilidad de la zona se modifica de alta a media.

Hacia el interior de la ciudad, específicamente a partir de la segunda avenida paralela al malecón (Av. Circunvalación), se encuentra ubicada la zona central del área de estudio (Fotografía 4.16), en la que se identificaron diferentes indicadores que la catalogan como una zona de vulnerabilidad media; entre los principales se citan:



Foto: Andrés Matehus.

Fotografía 4.16 Zona central del área de estudio en Bahía de Caráquez.

- Social y económico: En su mayoría los habitantes de esta zona son trabajadores formales del sector privado que desempeñan sus labores bajo contrato fijo y perciben un sueldo mensual que oscila entre los 600 y 900 dólares. En lo referente a los aspectos de educación formal, la mayoría han alcanzado títulos de tercer nivel y en algunos casos de cuarto nivel. Poseen vivienda propia y conforman el estrato social medio y medio – alto. Este

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

estrato es medianamente vulnerable ante cualquier evento negativo debido a su capacidad de endeudamiento, que los acredita como sujetos de crédito ante las entidades financieras y podrían reponerse en corto tiempo de los daños y pérdidas causadas por el tsunami.

- **Infraestructura:** Existen edificaciones con una altura que oscila entre los 2 y 5 pisos, sistema estructural principal de concreto armado, entrepisos de concreto armado, techos con estructura metálica y cubierta de planchas de asbesto - cemento o losa de concreto armado, en buen estado de conservación, edad de la construcción de alrededor de 20 años, asentadas sobre suelo seco y firme, (Fotografía 4.17). Por esto, en caso de ocurrencia de inundación por tsunami no sufrirían mayores daños en sus sistemas estructurales.



Foto: Mario Cruz.

Fotografía 4.17 Tipo de viviendas en la zona central del área de estudio.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

- Servicios básicos: En su mayoría todos los habitantes de la zona central cuentan con las redes vitales completas, con buena funcionalidad y mantenimiento adecuado. En caso de suscitarse sismo o inundación por tsunami, es muy probable que estas redes no se afecten en su totalidad, y conserven parcialmente su funcionalidad.
- Percepción del riesgo: De acuerdo a las respuestas obtenidas en la investigación de campo, se evidencia un alto grado de interés para participar en actividades de gestión de riesgos (simulacros, capacitaciones en autoprotección ciudadana), y, a la vez, un total desconocimiento de las consecuencias que podría acarrear la ocurrencia de un tsunami, y cualquier otro evento negativo, (Fotografía 4.18).



Foto: Eduardo Quijije.

Fotografía: 4.18 Personas divirtiéndose durante una marejada.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

- **Redes viales:** En el entorno se aprecian vías amplias, pavimentadas, en buen estado de conservación, con poco tráfico vehicular (Fotografía 4.19), veredas totalmente libres para la libre circulación peatonal y un nivel muy bajo de accidentes de tránsito, características que permitirían una evacuación rápida hacia los edificios cercanos, considerados de seguridad.



Foto: Mario Cruz.

Fotografía: 4.19 Avenidas amplias y bien conservadas en el área de estudio.

Con estos indicadores, y sobre la base de la ponderación asignada y tratamiento estadístico de la matriz de vulnerabilidad, se obtuvo un valor de vulnerabilidad de categoría media.

Zona de Vulnerabilidad Baja:

La zona de vulnerabilidad baja (figura 4.49, en tonalidad verde, pag. 93), ocupa un área de 0,013km² que corresponde al 8% del área total de estudio.

La zona en discusión presenta características muy similares en relación a la zona calificada como zona de vulnerabilidad media en cuanto a, los aspectos socioeconómicos e infraestructura física de viviendas. Pero también se encontraron indicadores que modifican el grado de vulnerabilidad de esta zona, entre los que se destacan:

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

- **Infraestructura:** Existen construcciones con una altura que oscila entre los 2 y 5 pisos, sistema estructural principal de concreto armado, entrepisos de concreto armado, techos con estructura metálica y cubierta de planchas de asbesto - cemento o losa de concreto armado, en buen estado de conservación, asentadas sobre suelo seco y firme. En la zona Oeste del malecón se ha construido un muro de cemento armado en cuya base se ha colocado enrocado para protegerlo del oleaje (Fotografía 4.20). En este sector el muro tiene 4 metros de altura y la zona colinada se encuentra muy próxima al malecón, lo que representa una protección adicional en caso de ocurrencia de tsunami.



Foto: Mario Cruz.

Fotografía 4.20 Muro de protección en el sector Oeste del malecón.

- **Servicios básicos:** En la zona central, en su mayoría los habitantes cuentan con todos los servicios básicos disponibles, sin embargo, ésta zona, en particular, presenta problemas en cuanto a la cobertura de telefonía celular,

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

además de presentar intermitencias en el servicio de agua potable, por lo que muchas de las viviendas se abastecen mediante cisternas (Fotografía 4.21) o pozos de agua.



Foto: Andrés Matheus.

Fotografía 4.21 Cisternas en la zona de vulnerabilidad baja.

- Servicios comunitarios: El área analizada cuenta con un centro de salud ubicado entre las calles Marañón y Cecilio Intriago, que atiende 8 horas al día (Fotografía 4.22). Existen instituciones de educación particular con nivel de formación hasta bachillerato y, según información proporcionada por los moradores del sector, poseen espacios amplios y servicios sanitarios suficientes para poder ser utilizados como albergues para las personas cuando sea necesario.



Foto: Mario Cruz.

Fotografía 4.22 Centro de salud.

- Percepción del riesgo: Los habitantes de la zona tienen una clara noción del panorama que podría darse si se suscita un evento destructivo tipo tsunami. Intuyen que el evento afectaría a todo el sector y que la mejor opción es dirigirse hacia lugares elevados para salvaguardar su vida; además les interesa participar en simulacros y capacitaciones sobre riesgos y autoprotección ciudadana.
- Red vial: Las vías son amplias, pavimentadas, en buen estado, reducido tráfico vehicular, veredas amplias y adecuadas para la circulación peatonal y un índice muy bajo de accidentes de tránsito, (Fotografía 4.23).

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD



Foto: Mario Cruz.

Fotografía: 4.23 Av. Simón Bolívar (sector central de Bahía de Caráquez).

Con estos indicadores, y sobre la base de la ponderación asignada y tratamiento estadístico de la matriz de vulnerabilidad, se obtuvo, para esta zona, un valor de vulnerabilidad baja.

CAPITULO V

MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

Un segundo problema que pretende resolver éste estudio, es el dar una alternativa a las personas que no alcanzan a salir de las zonas de riesgo, para salvar sus vidas ante la ocurrencia de un probable tsunami, debido al reducido margen de tiempo que se dispone antes de la llegada de la primera ola. Por ello se identificaron edificios considerados seguros (puntos de seguridad) dentro de las zonas denominadas “de evacuación vertical”; los que deben tener una altura mayor a 4 pisos, presentar características sismo resistentes, contar con accesos inferiores siempre abiertos y espacios suficientes para albergar temporalmente a los evacuados hasta que el peligro haya pasado. Una vez identificados estos puntos de seguridad, el siguiente paso fue la generación de escenarios según los distintos tiempos de evacuación obtenidos, para, posteriormente, determinar las áreas de cobertura de cada edificio dentro de las cuales se identificaron los valores de accesibilidad, tiempos de movilización y las rutas de evacuación óptimas.

5.1 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ESCENARIOS

El tiempo es factor determinante al momento de generar los distintos escenarios, ya que en caso de recurrir a una evacuación inmediata, éste factor determina la cantidad de personas que pueden salvarse de la amenaza tsunami. Se tomó un edificio modelo con 10 pisos de altura y se cronometró el tiempo que se tarda un persona en recorrer desde la vereda contraria a la puerta de acceso al edificio hasta

la terraza del mismo. Para no sesgar la información, limitándose a un solo tipo de persona, se tomó a 4 sujetos con características de sexo, edad y condición de salud diferentes (Tabla 5.6)

Tabla 5.6 Tiempos de ascenso.

| | SEXO | EDAD | CONDICION FÍSICA | TIEMPO |
|-----------------|-----------|---------|------------------|--------|
| SUJETO 1 | Femenino | 23 años | Buena | 1'40'' |
| SUJETO 2 | Masculino | 26 años | Buena | 1'20'' |
| SUJETO 3 | Masculino | 50 años | Buena | 1'54'' |
| SUJETO 4 | Masculino | 55 años | Mala | 2'40'' |

Como se indica en la tabla anterior, los tiempos obtenidos por los tres primeros sujetos tienen 34 segundos de diferencia entre ellos, mientras que el sujeto numero 4 presenta un tiempo muy alejado al de los demás. Debido a esto se decidió realizar un promedio entre los sujetos 1, 2 y 3 para obtener un valor de tiempo y un segundo valor sería el tiempo obtenido por el sujeto 4, obteniendo como resultado, dos tiempos de ascenso a las áreas de seguridad; es decir, mínimo al quinto piso de los edificios que funcionarán como puntos de seguridad. A estos tiempos se les adiciona 1 minuto extra que sería el rango de tiempo calculado para que una persona reaccione del impacto psicológico causado por el sismo y de la activación de la alarma de tsunami. (Tabla 5.7)

Tabla 5.7 Tiempos para llegar a una zona segura.

| | CONCIENCIACIÓN | ASCENSO | TOTAL |
|-----------------|----------------|---------|--------|
| TIEMPO 1 | 1' | 1'38'' | 2'38'' |
| TIEMPO 2 | 1' | 2'40'' | 3'40'' |

Tiempo 1: Corresponde al tiempo que tarda en llegar a un área de seguridad, una persona con un promedio de edad de 24 años en condiciones físicas normales.

Tiempo 2: Corresponde al tiempo que se tarda en llegar a un área de seguridad, una persona con un promedio de 50 años de edad y con problemas físicos de índole respiratorio.

Los valores obtenidos se restaron de los tiempos de llegada de la primera ola para cada ciudad y de esta manera se obtuvieron los diferentes escenarios de tiempos, con los que se obtendrán las áreas de cobertura de cada edificio o punto de seguridad.

Para la ciudad de Salinas se obtuvieron 2 escenarios:

Escenario 1: Se consideran las personas jóvenes que tienen condiciones físicas y de salud relativamente normales o que en el peor de los casos les permitan realizar un esfuerzo extremo para recorrer distancias a pie en caso de una emergencia.

Escenario 2: Se consideró dentro de este escenario a las personas adultas con algunos problemas físicos y de salud propios de la edad. (Tabla 5.8)

Tabla 5.8 Escenarios para la Ciudad de Salinas.

| | (T) LLEGADA DE OLA | (T) ARRIVO A ZONA DE SEGURIDAD | (T) TOTAL | (T) TOTAL |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| ESCENARIO 1 | 11´ | 2´38´´ | 8´22´´ | 8,36 |
| ESCENARIO 2 | 11´ | 3´40´´ | 7´20´´ | 7,33 |

En la tabla constan los tiempos de llegada de la primera ola y los tiempos que cada sujeto se tardará en llegar a una zona de seguridad, dichos tiempos están expresados en minutos, segundos y también en forma decimal ya que ese valor es requerido por las herramientas geoinformáticas para la obtención de las áreas de servicio.

En el caso de la ciudad de Bahía de Caráquez, el panorama es distinto ya que se tienen dos tiempos de llegada de la ola, uno para la costa Oeste y otro para la costa Este, por ello se determinaron 3 escenarios con dos tiempos de llegada de la ola para cada uno de ellos:

Escenario 1: Se consideran dentro de este escenario a las personas adultas con algunos problemas físicos y de salud propios de la edad, adicionando el minuto de toma de conciencia.

Escenario 2: Se consideran las personas jóvenes que tienen condiciones físicas y de salud relativamente normales, adicionando el minuto de toma de conciencia y también las personas adultas con problemas físicos pero que reaccionen inmediatamente después de que se active la alarma.

Escenario 3: Se consideran las personas jóvenes que tienen condiciones físicas y de salud relativamente normales pero que reaccionen inmediatamente después de que se active la alarma. (Tabla 5.9)

Tabla 5.9 Escenarios para la Ciudad de Bahía de Caráquez.

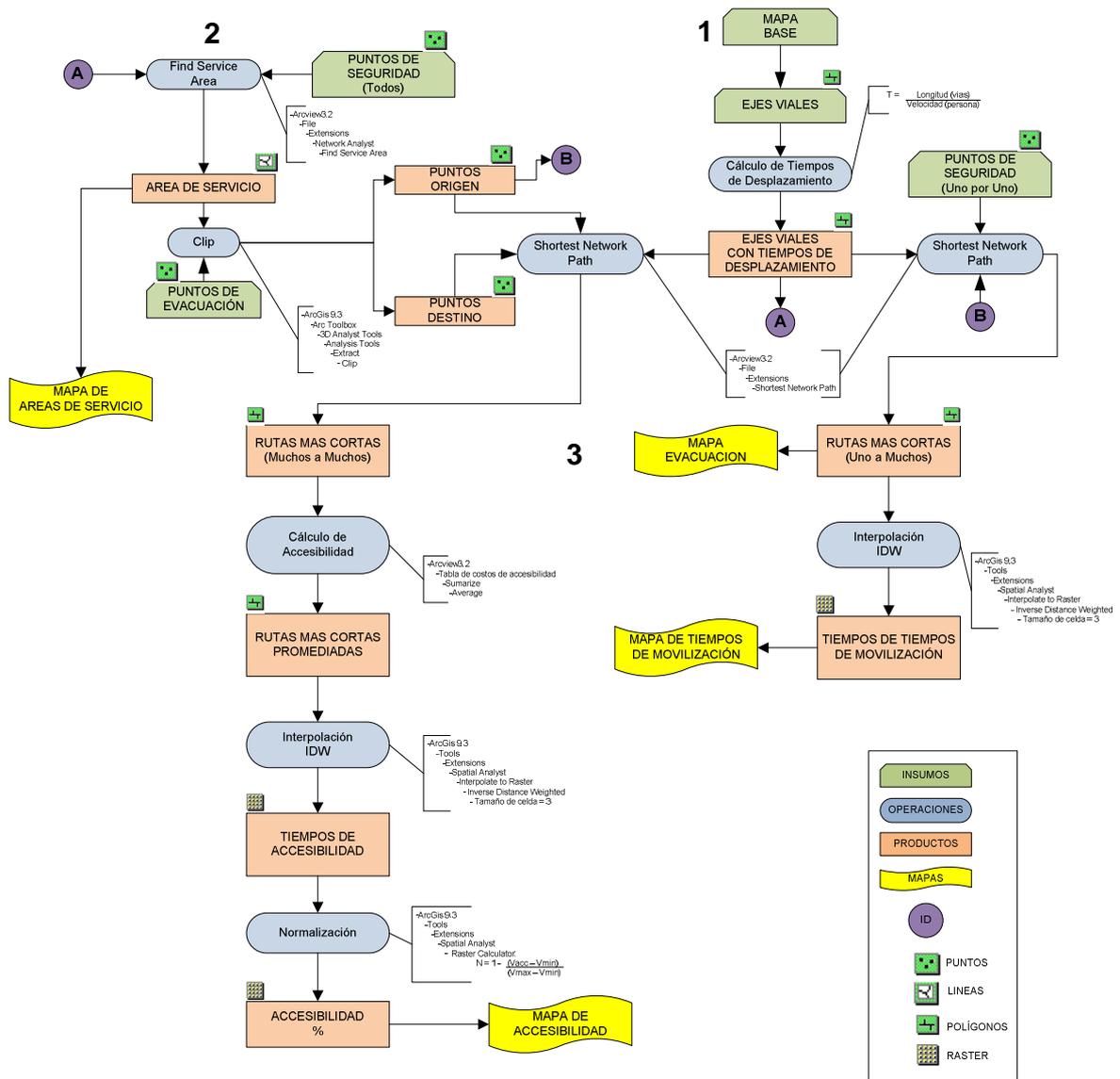
| | (T) LLEGADA DE OLA | (T) ARRIVO A ZONA DE SEGURIDAD | (T) TOTAL | (T) TOTAL |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| ESCENARIO 1 | 4´ | 3´40´´ | 0´20´´ | 0,33 |
| | 8´ | 3´40´´ | 4´20´´ | 4,33 |
| ESCENARIO 2 | 4´ | 2´38´´ | 1´20´´ | 1,33 |
| | 8´ | 2´38´´ | 5´20´´ | 5,33 |
| ESCENARIO 3 | 4´ | 1´38´´ | 2´22´´ | 2,36 |
| | 8´ | 1´38´´ | 6´22´´ | 6,36 |

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

En la tabla también constan los tiempos en valores decimales por las razones antes mencionadas.

5.2 METODOLOGÍA PARA OBTENER EL MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

Modelo Cartográfico 1: Áreas de servicio, accesibilidad, tiempos de evacuación y rutas de evacuación



5.2.1 Determinación de áreas de cobertura de evacuación (ACE)

Para obtener las áreas de cobertura de cada punto de seguridad, primero se debe tener la red vial con un campo en donde consten los tiempos de impedancia de cada segmento de vía. Debido a que no se poseen estos datos, se procedió a obtenerlos a través de la utilización de herramientas básicas del *Arcgis*, los mismos que se describen a continuación:

Como primer paso se extrajo las vías o segmentos de vías que se encuentren únicamente dentro de la zona de estudio para lo cual utilizamos la herramienta *Clip*. (Figura 5.50)

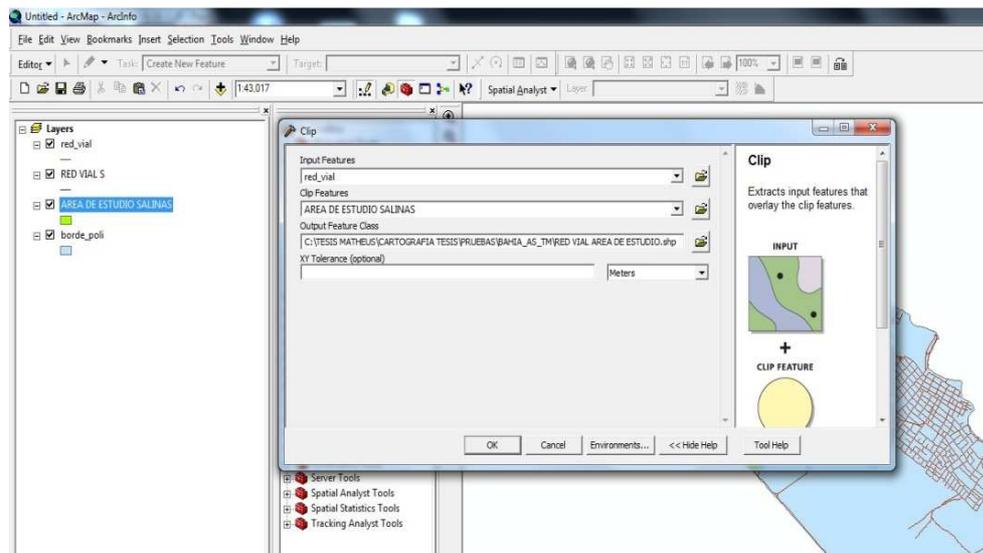


Figura 5.50 Ingreso de coberturas y parámetros en la herramienta Clip.

Se procedió a recalcular los tiempos de movilización para cada segmento de vía, para lo cual se creó dos nuevos campos en la tabla de atributos de la cobertura de vías, llamados: RECALC_MIN y VELOCIDAD, en el segundo campo se ingresó el dato de velocidad con las que las personas se movilizan a

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

pie en una situación de emergencia, que equivale a 150m/minuto²³.
(Figura 5.51)

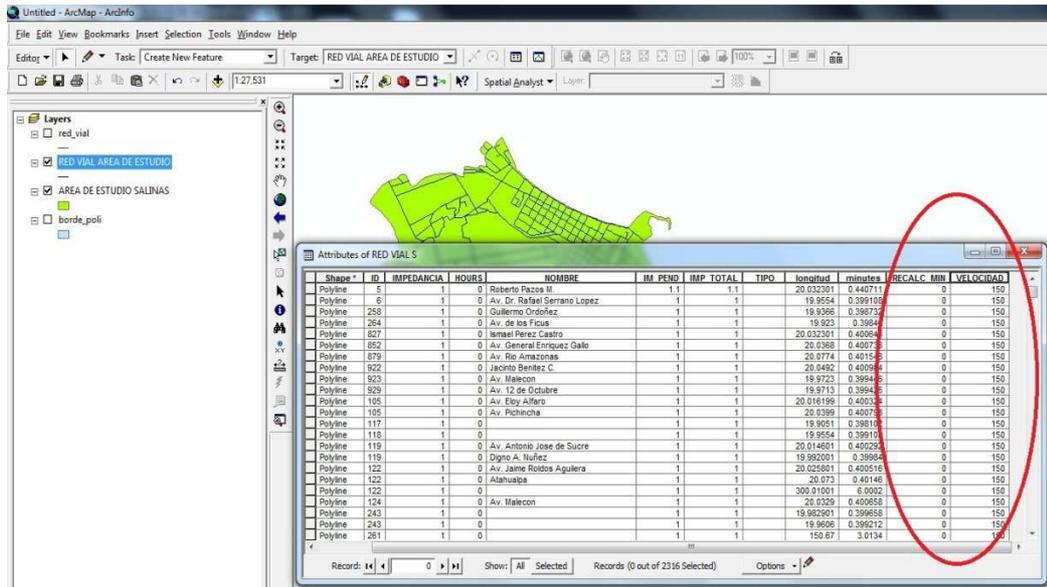


Figura 5.51 Creación de campos e ingreso del valor de velocidad.

Al campo “RECALC MIN” se le asigno valores a través de la herramienta *Field Calculator*, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Movilización} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Velocidad}} \times \text{Impedancia}$$

Donde,

Longitud: Distancia, expresada en metros de cada segmento de vía.

Velocidad: Velocidad, expresada en metros por minuto a la que se desplazan las personas a pie.

Impedancia: Valor de penalización que se le da a cada vía de acuerdo a los posibles obstáculos o facilidades que brinde para circular sobre ella.

²³ FEMA, 2008.

De esta manera se obtuvieron los ejes viales con tiempos de movilización. (Figura 5.52)

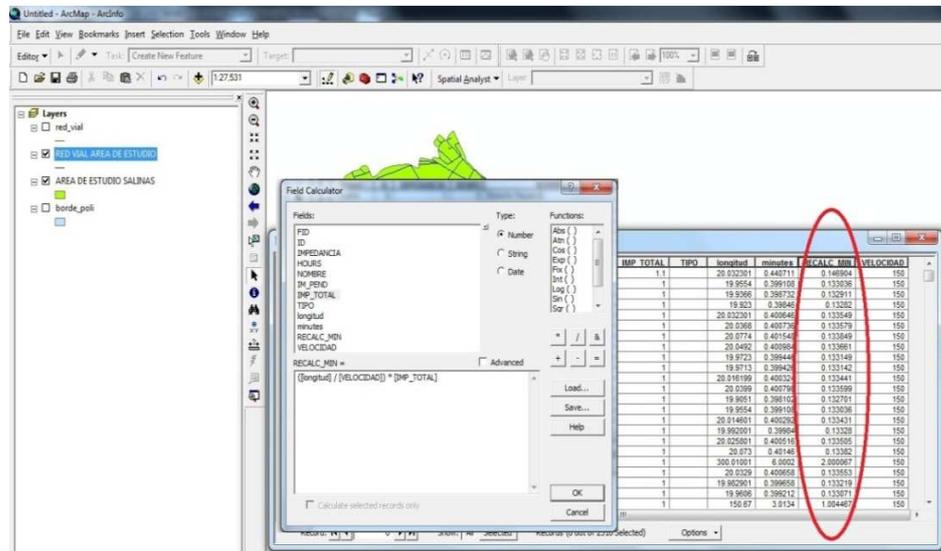


Figura 5.52 Ejes viales con tiempos de movilización.

Para el siguiente proceso se cargaron las coberturas de puntos de seguridad y la de red vial recientemente modificada. Se realizó un análisis de redes utilizando la herramienta (Figura 5.53), que nos permite encontrar el Área de Cobertura de Evacuación correspondiente a cada punto de seguridad. Al desplegarse la herramienta se procedió a ingresar la cobertura de puntos de seguridad y los valores de los escenarios para los cuales se quiere obtener las áreas de cobertura de cada punto (Figura 5.54).

Se procedió a resolver la función y se obtuvo un área de cobertura para cada punto de seguridad, expresada en forma de polígono. (Figura 5.55)

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

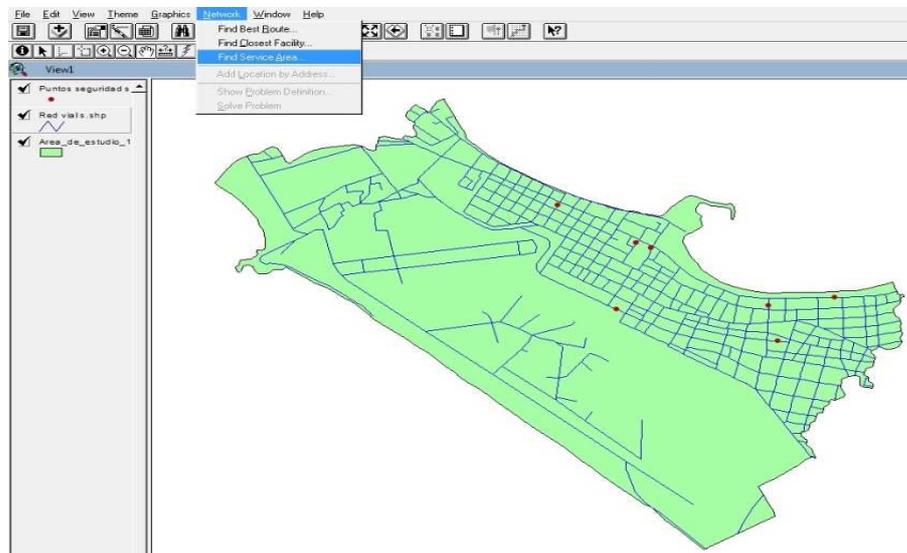


Figura 5.53 Herramienta Find Service Area.

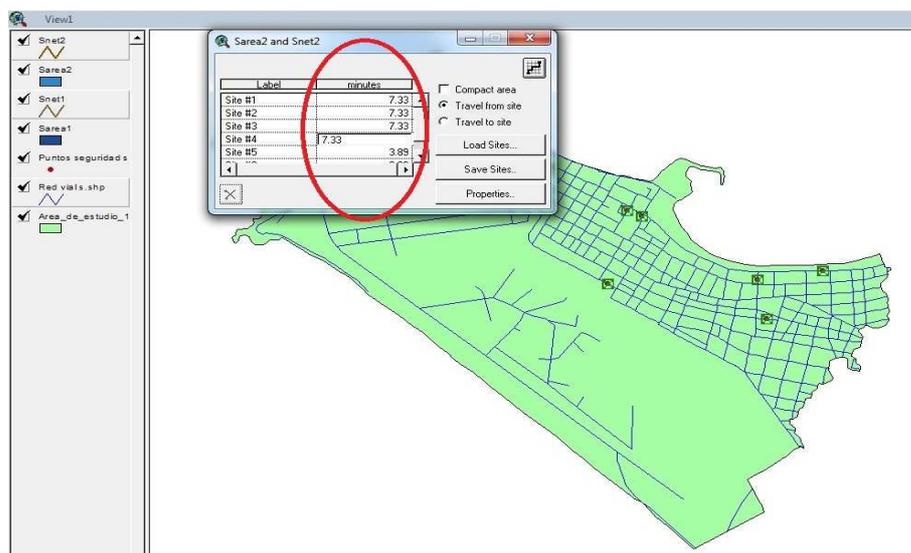


Figura 5.54 Ingreso de escenarios en minutos.

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

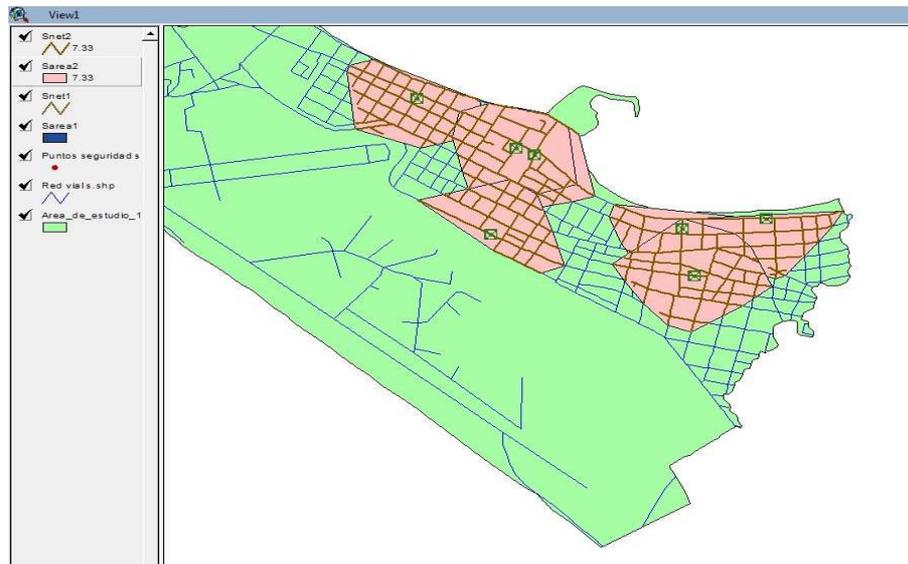


Figura 5.55 Áreas de cobertura de evacuación (ACE), para cada punto de seguridad.

Con la cobertura de polígonos obtenida, se utilizó herramientas de edición, para delimitar los polígonos sin que sus áreas se superpongan entre sí. Para la delimitación se utilizaron criterios de capacidad de acogida de cada punto de seguridad. (Figura 5.56)

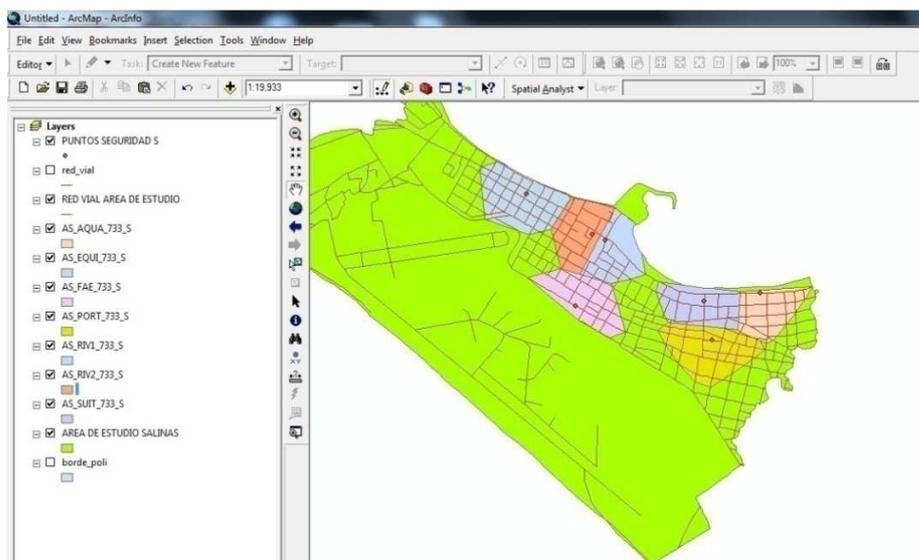


Figura 5.56 Áreas de cobertura de evacuación delimitadas.

5.2.2 Rutas más cortas

Se extrajeron los puntos de evacuación (insumo), que se encontraban únicamente dentro de cada área de cobertura utilizando la herramienta, *Clip*. (Figura 5.57)

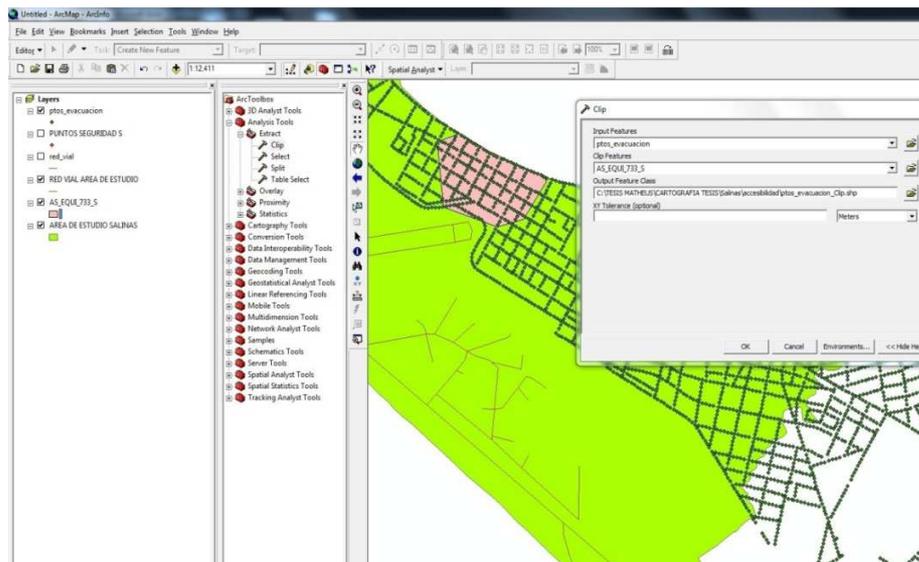


Figura 5.57 Extracción de puntos de evacuación.

Con la capa de puntos de evacuación de cada área de cobertura se realizó un nuevo análisis de redes a través del GIS, mediante el que se pudo encontrar la ruta más corta entre dos coberturas de puntos, con el tiempo en minutos como factor determinante. Con la finalidad de obtener los tiempos de movilización, se ingresaron las coberturas de puntos de evacuación respecto versus el punto de seguridad de cada área de cobertura, (Figura 5.58) después de realizar el proceso se obtuvo una nueva cobertura lineal de las rutas más óptimas con su correspondiente tabla de atributos. (Figura 5.59)

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

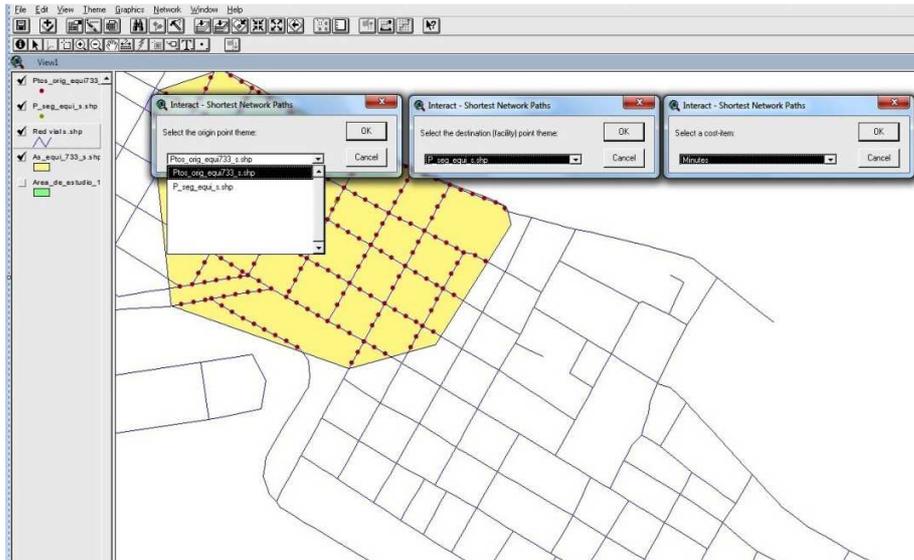


Figura 5.58 Obtención de rutas más cortas (movilización).

| Point | Dist | Cost | Exp. dist | Exp. Cost | Distance | Exp. dist | Exp. Cost | Exp. label | Exp. label | Cost |
|------------|----------|------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------------|------------|------|
| Point 2521 | 40.0000 | 1 | 1 | 0.038 | 1 | 1 | Origin1 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.128 | |
| Point 1959 | 40.0000 | 2 | 2 | 0.005 | 2 | 1 | Origin2 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.124 | |
| Point 2520 | 20.0000 | 3 | 3 | 0.025 | 3 | 1 | Origin3 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.725 | |
| Point 1983 | 40.0000 | 4 | 4 | 0.050 | 4 | 1 | Origin4 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.166 | |
| Point 1958 | 20.0000 | 5 | 5 | 0.029 | 2 | 1 | Origin5 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.124 | |
| Point 4055 | 160.0000 | 6 | 6 | 0.021 | 6 | 1 | Origin6 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 3.173 | |
| Point 1957 | 0.0000 | 7 | 7 | 0.016 | 8 | 1 | Origin8 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.325 | |
| Point 2519 | 0.0000 | 8 | 8 | 0.016 | 8 | 1 | Origin8 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.325 | |
| Point 4054 | 140.0000 | 9 | 9 | 0.040 | 9 | 1 | Origin9 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.773 | |
| Point 1962 | 20.0000 | 10 | 10 | 0.063 | 10 | 1 | Origin10 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.766 | |
| Point 4053 | 120.0000 | 11 | 11 | 0.038 | 11 | 1 | Origin11 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.373 | |
| Point 2525 | 40.0000 | 12 | 12 | 0.046 | 12 | 1 | Origin12 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.757 | |
| Point 1985 | 20.0000 | 13 | 13 | 0.042 | 13 | 1 | Origin13 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.768 | |
| Point 4052 | 100.0000 | 14 | 14 | 0.033 | 11 | 1 | Origin11 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.373 | |
| Point 2534 | 20.0000 | 15 | 15 | 0.021 | 12 | 1 | Origin12 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.757 | |
| Point 1961 | 0.0000 | 16 | 16 | 0.021 | 17 | 1 | Origin17 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.366 | |
| Point 1964 | 0.0000 | 17 | 17 | 0.021 | 17 | 1 | Origin17 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.366 | |
| Point 1956 | 40.0000 | 18 | 18 | 0.045 | 18 | 1 | Origin18 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.746 | |
| Point 4051 | 30.0000 | 19 | 19 | 0.061 | 14 | 1 | Origin14 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.973 | |
| Point 1978 | 60.0000 | 20 | 20 | 0.034 | 20 | 1 | Origin20 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.147 | |
| Point 2533 | 0.0000 | 21 | 21 | 0.034 | 21 | 1 | Origin21 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.997 | |
| Point 4050 | 60.0000 | 22 | 22 | 0.041 | 19 | 1 | Origin19 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.522 | |
| Point 1977 | 40.0000 | 23 | 23 | 0.021 | 20 | 1 | Origin20 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.147 | |
| Point 2895 | 60.0000 | 24 | 24 | 0.031 | 24 | 1 | Origin24 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.527 | |
| Point 1955 | 20.0000 | 25 | 25 | 0.019 | 25 | 1 | Origin25 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.346 | |
| Point 4049 | 40.0000 | 26 | 26 | 0.053 | 22 | 1 | Origin22 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.172 | |
| Point 1994 | 40.0000 | 27 | 27 | 0.011 | 17 | 1 | Origin17 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.366 | |
| Point 1976 | 20.0000 | 28 | 28 | 0.005 | 28 | 1 | Origin28 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.347 | |
| Point 2884 | 40.0000 | 29 | 29 | 0.006 | 29 | 1 | Origin29 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.227 | |
| Point 4048 | 20.0000 | 30 | 30 | 0.018 | 26 | 1 | Origin26 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.772 | |
| Point 1991 | 40.0000 | 31 | 31 | 0.043 | 31 | 1 | Origin31 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.427 | |
| Point 4051 | 60.0000 | 32 | 32 | 0.030 | 32 | 1 | Origin32 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.974 | |
| Point 1954 | 0.0000 | 33 | 33 | 0.014 | 28 | 1 | Origin28 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.347 | |
| Point 1975 | 0.0000 | 34 | 34 | 0.014 | 28 | 1 | Origin28 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.347 | |
| Point 2893 | 20.0000 | 35 | 35 | 0.019 | 29 | 1 | Origin29 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.227 | |
| Point 4052 | 520.0000 | 36 | 36 | 0.010 | 36 | 1 | Origin36 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.574 | |
| Point 4053 | 540.0000 | 37 | 37 | 0.050 | 36 | 1 | Origin36 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.574 | |
| Point 1983 | 20.0000 | 38 | 38 | 0.024 | 27 | 1 | Origin27 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.886 | |
| Point 1974 | 0.0000 | 39 | 39 | 0.013 | 37 | 1 | Origin37 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.174 | |
| Point 4047 | 0.0000 | 40 | 40 | 0.013 | 37 | 1 | Origin37 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.174 | |
| Point 2892 | 0.0000 | 41 | 41 | 0.010 | 35 | 1 | Origin35 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 3.927 | |
| Point 1975 | 20.0000 | 42 | 42 | 0.030 | 42 | 1 | Origin42 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.571 | |
| Point 1994 | 40.0000 | 43 | 43 | 0.014 | 43 | 1 | Origin43 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.428 | |
| Point 1986 | 20.0000 | 44 | 44 | 0.061 | 44 | 1 | Origin44 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.406 | |
| Point 1976 | 40.0000 | 45 | 45 | 0.018 | 45 | 1 | Origin45 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.171 | |
| Point 1960 | 20.0000 | 46 | 46 | 0.038 | 31 | 1 | Origin31 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.427 | |
| Point 1977 | 60.0000 | 47 | 47 | 0.025 | 47 | 1 | Origin47 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.771 | |
| Point 2005 | 60.0000 | 48 | 48 | 0.027 | 61 | 1 | Origin61 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.488 | |
| Point 1976 | 80.0000 | 49 | 49 | 0.023 | 47 | 1 | Origin47 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.771 | |
| Point 1993 | 20.0000 | 50 | 50 | 0.001 | 50 | 1 | Origin50 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.028 | |
| Point 1982 | 0.0000 | 51 | 51 | 0.005 | 52 | 1 | Origin52 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.008 | |
| Point 1985 | 0.0000 | 52 | 52 | 0.005 | 52 | 1 | Origin52 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.008 | |
| Point 1979 | 0.0000 | 53 | 53 | 0.047 | 53 | 1 | Origin53 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 3.992 | |
| Point 1981 | 40.0000 | 54 | 54 | 0.012 | 54 | 1 | Origin54 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.370 | |
| Point 2536 | 0.0000 | 55 | 55 | 0.001 | 55 | 1 | Origin55 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.186 | |
| Point 1988 | 60.0000 | 56 | 56 | 0.024 | 71 | 1 | Origin71 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 5.526 | |
| Point 4791 | 0.0000 | 57 | 57 | 0.051 | 57 | 1 | Origin57 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.708 | |
| Point 1989 | 0.0000 | 58 | 58 | 0.024 | 43 | 1 | Origin43 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.428 | |
| Point 1992 | 0.0000 | 59 | 59 | 0.024 | 43 | 1 | Origin43 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.428 | |
| Point 4792 | 20.0000 | 60 | 60 | 0.025 | 55 | 1 | Origin55 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 7.186 | |
| Point 2014 | 20.0000 | 61 | 61 | 0.000 | 61 | 1 | Origin61 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 4.488 | |
| Point 4793 | 40.0000 | 62 | 62 | 0.009 | 60 | 1 | Origin60 | EDIFICIO EQUINOCCIO | 6.306 | |

Figura 5.59 Tabla de atributos de rutas más cortas (movilización).

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

Se realizó el mismo procedimiento para obtener los tiempos de accesibilidad, con la diferencia de que esta vez se ingresaron las coberturas de puntos de evacuación versus la cobertura de puntos de destino, que, para fines de comprensión representan los mismos puntos, (Figura 5.60).

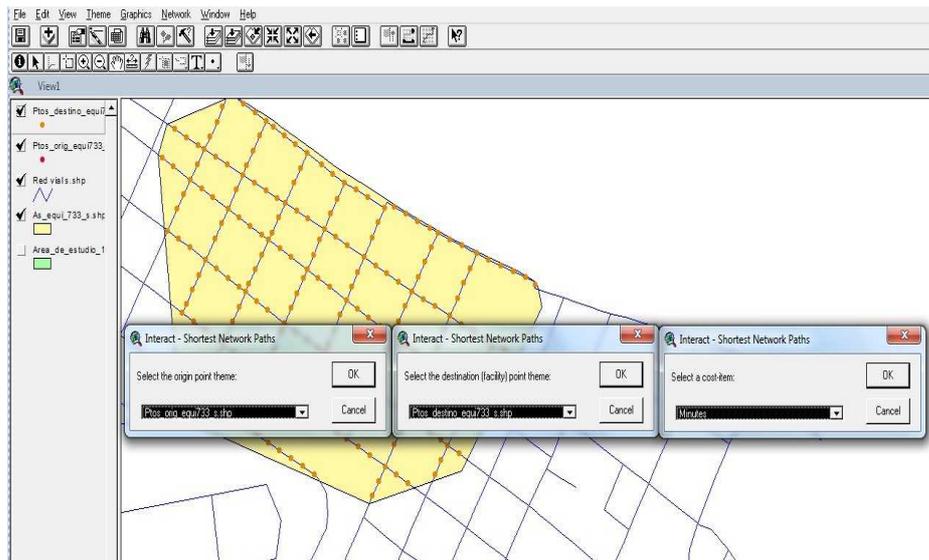


Figura 5.60 Obtención de rutas más cortas (accesibilidad).

Consecuentemente se obtuvo una cobertura de rutas con su tabla de atributos. (Figura 5.61)

Con esta cobertura lineal de las rutas más cortas se realizaron los distintos mapas de rutas de evacuación para cada área de cobertura.

A partir de este momento se realizaron procedimientos diferentes para obtener los modelos de tiempos de movilización y accesibilidad por lo cual se dividirá la metodología de acuerdo a cada uno de los modelos.

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

| Origin | Destination | Cost |
|-------------------------|----------------|-------|
| Polylines 1 1 Origin1 | Destination1 | 0.800 |
| Polylines 1 2 Origin1 | Destination3 | 0.800 |
| Polylines 1 7 Origin1 | Destination7 | 0.800 |
| Polylines 1 8 Origin1 | Destination5 | 0.800 |
| Polylines 1 5 Origin1 | Destination5 | 1.201 |
| Polylines 1 12 Origin1 | Destination12 | 1.342 |
| Polylines 1 19 Origin1 | Destination8 | 1.379 |
| Polylines 1 2 Origin1 | Destination2 | 1.601 |
| Polylines 1 15 Origin1 | Destination15 | 1.742 |
| Polylines 1 25 Origin1 | Destination25 | 1.779 |
| Polylines 1 21 Origin1 | Destination21 | 2.144 |
| Polylines 1 34 Origin1 | Destination34 | 2.179 |
| Polylines 1 23 Origin1 | Destination23 | 2.179 |
| Polylines 1 24 Origin1 | Destination24 | 2.502 |
| Polylines 1 29 Origin1 | Destination29 | 2.578 |
| Polylines 1 43 Origin1 | Destination43 | 2.793 |
| Polylines 1 31 Origin1 | Destination31 | 2.736 |
| Polylines 1 54 Origin1 | Destination54 | 2.759 |
| Polylines 1 4 Origin1 | Destination4 | 2.783 |
| Polylines 1 29 Origin1 | Destination29 | 2.902 |
| Polylines 1 23 Origin1 | Destination23 | 2.978 |
| Polylines 1 50 Origin1 | Destination50 | 3.103 |
| Polylines 1 46 Origin1 | Destination46 | 3.136 |
| Polylines 1 65 Origin1 | Destination65 | 3.195 |
| Polylines 1 10 Origin1 | Destination10 | 3.193 |
| Polylines 1 35 Origin1 | Destination35 | 3.302 |
| Polylines 1 20 Origin1 | Destination20 | 3.378 |
| Polylines 1 59 Origin1 | Destination59 | 3.503 |
| Polylines 1 50 Origin1 | Destination50 | 3.503 |
| Polylines 1 70 Origin1 | Destination70 | 3.555 |
| Polylines 1 79 Origin1 | Destination79 | 3.555 |
| Polylines 1 17 Origin1 | Destination17 | 3.563 |
| Polylines 1 16 Origin1 | Destination16 | 3.593 |
| Polylines 1 41 Origin1 | Destination41 | 3.702 |
| Polylines 1 67 Origin1 | Destination67 | 3.803 |
| Polylines 1 49 Origin1 | Destination49 | 3.911 |
| Polylines 1 73 Origin1 | Destination73 | 3.955 |
| Polylines 1 13 Origin1 | Destination13 | 3.984 |
| Polylines 1 34 Origin1 | Destination34 | 4.036 |
| Polylines 1 89 Origin1 | Destination89 | 4.064 |
| Polylines 1 77 Origin1 | Destination77 | 4.094 |
| Polylines 1 27 Origin1 | Destination27 | 4.152 |
| Polylines 1 53 Origin1 | Destination53 | 4.229 |
| Polylines 1 75 Origin1 | Destination75 | 4.303 |
| Polylines 1 63 Origin1 | Destination63 | 4.311 |
| Polylines 1 64 Origin1 | Destination64 | 4.355 |
| Polylines 1 110 Origin1 | Destination110 | 4.436 |

Figura 5.61 Tabla de atributos de rutas más cortas (accesibilidad).

5.2.3 Modelo de tiempos de movilización

Se utilizó nuevamente la herramienta *Join*, para relacionar los datos de la tabla con tiempos de movilización (Figura 5.59, pag. 114), con la tabla de atributos de la cobertura de puntos de evacuación (insumo), mediante el campo común EVT_ID. (Figura 5.62)

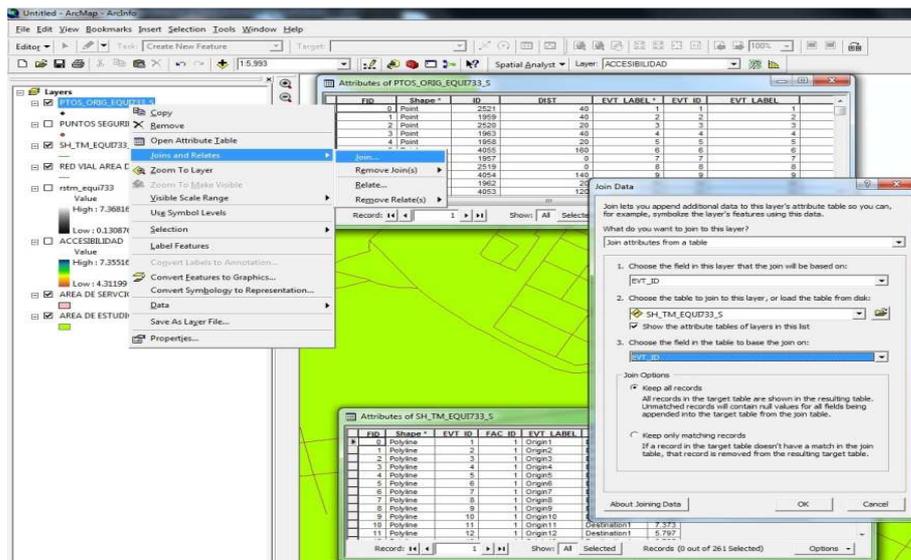


Figura 5.62 Conexión de tablas, a través de la herramienta *Join*, movilización.

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

Al obtener la tabla de tiempos de movilización correspondientes a una cobertura de puntos, se procedió a realizar la interpolación mediante el método *Inverso de la Distancia Ponderada* (Figura 5.63). Se ingresaron los parámetros para que la herramienta realice el proceso, (Figura 5.64) y se obtuvo el modelo de tiempos de movilización. (Figura 5.65)

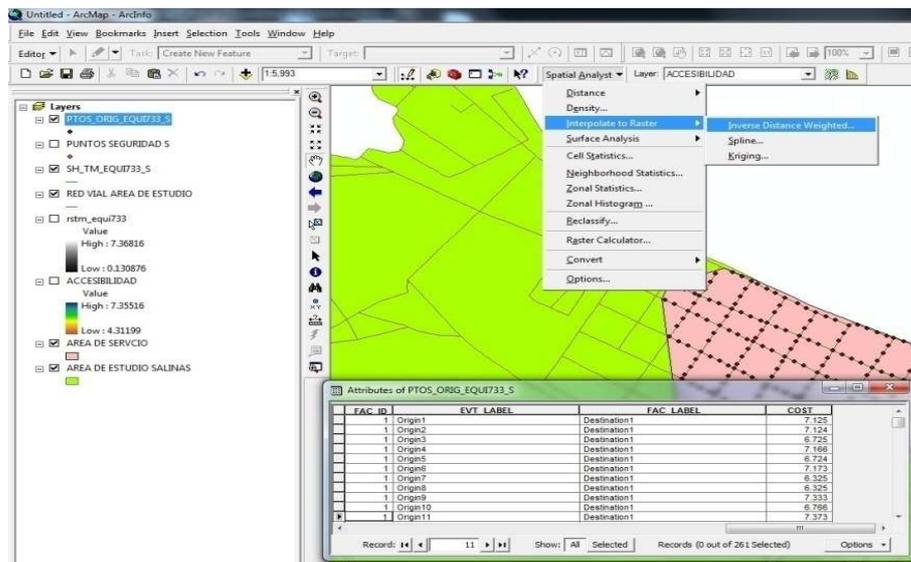


Figura 5.63 Herramienta de interpolación *IDW*, movilización.

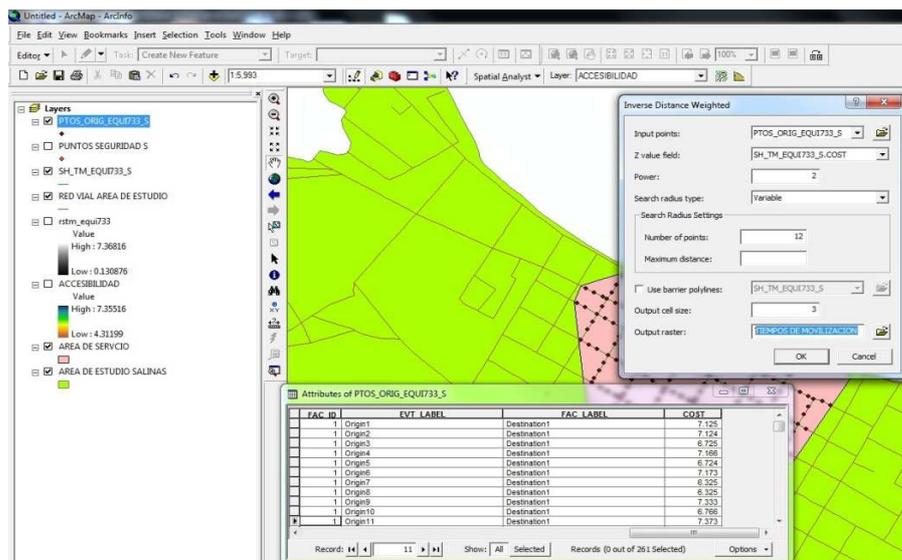


Figura 5.64 Parámetros de interpolación para tiempos de movilización.

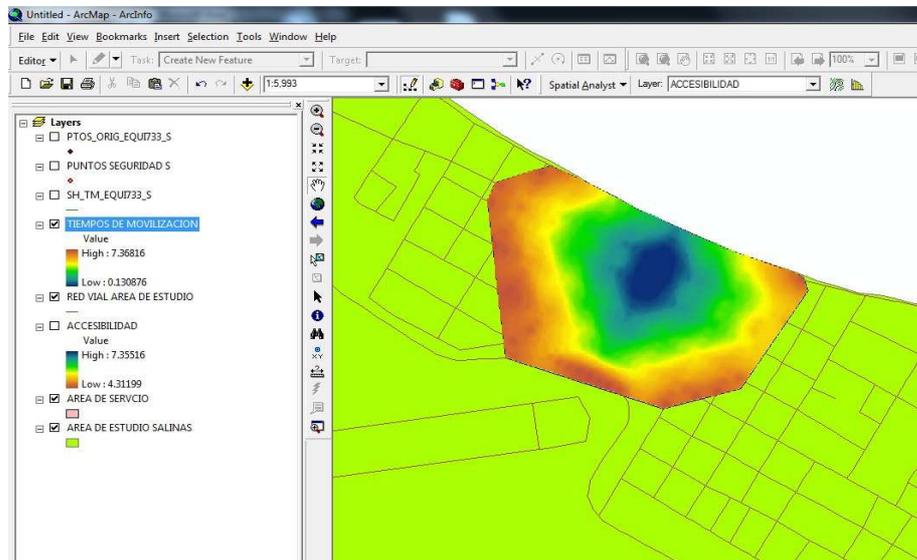


Figura 5.65 Modelo de tiempos de movilización.

5.2.4 Modelo de accesibilidad

Para obtener un modelo de accesibilidad, se obtuvo el promedio de los tiempos de accesibilidad obtenidos anteriormente, aplicando la ecuación:

$$\text{Accesibilidad} = \frac{\text{Tiempos de movilización (desde cada punto hacia todos los destinos)}}{\text{Número de puntos de evacuación}}$$

Se utilizó nuevamente la herramienta *Join*, para relacionar los datos de la tabla con tiempos promediados de accesibilidad, con la tabla de atributos de la cobertura de puntos de evacuación (insumo), mediante el campo común EVT_LABEL. (Figura 5.66)

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

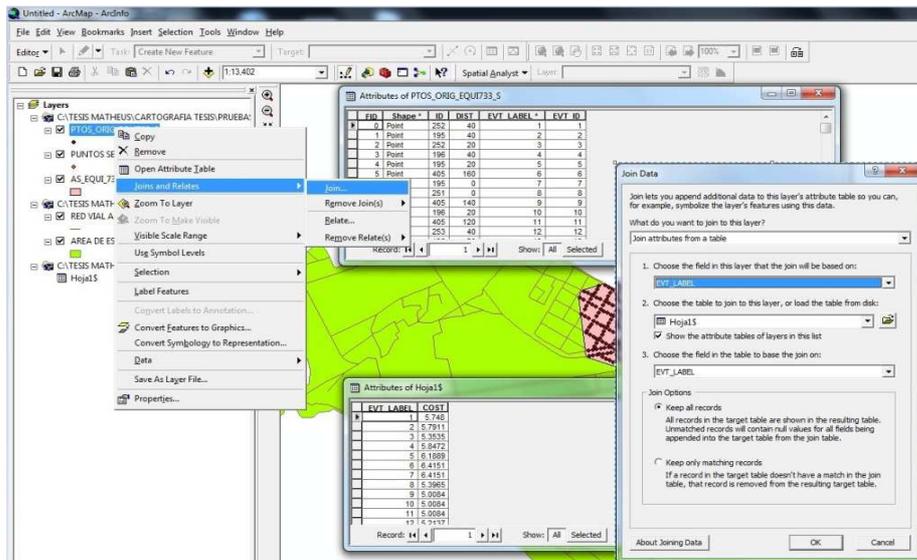


Figura 5.66 Conexión de tablas a través de la herramienta *Join*, accesibilidad.

Al obtener la tabla de tiempos de accesibilidad correspondientes a una cobertura de puntos, se procedió a realizar la interpolación mediante el método *Inverso de la Distancia Ponderada* (Figura 5.67). Se ingresaron los parámetros para que la herramienta realice el proceso, (Figura 5.68) y se obtuvo el modelo de tiempos de movilización. (Figura 5.69)

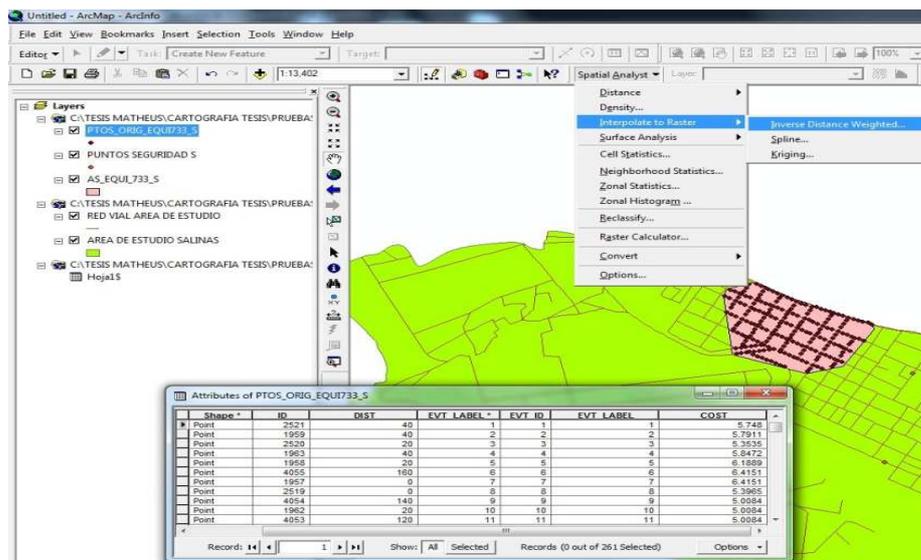


Figura 5.67 Herramienta de interpolación *IDW*, accesibilidad.

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

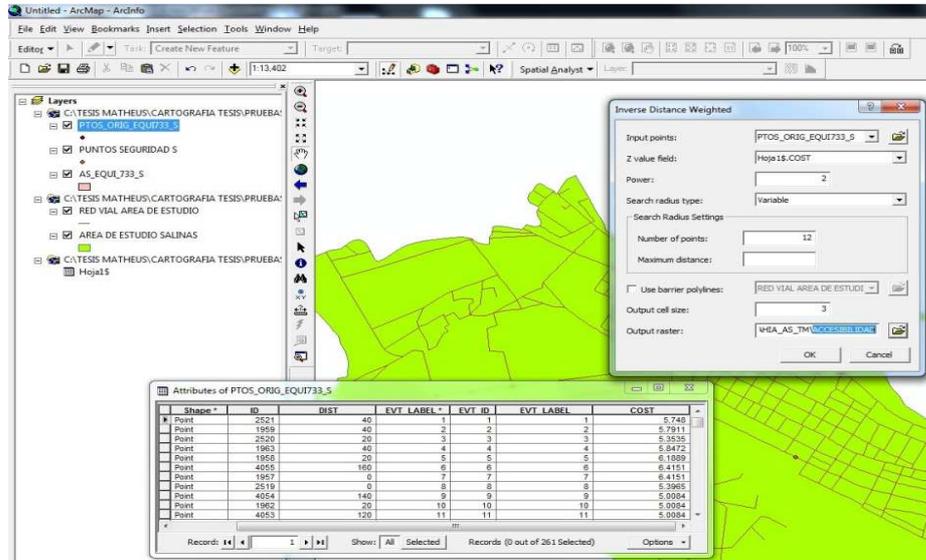


Figura 5.68 Parámetros de interpolación para tiempos de accesibilidad.

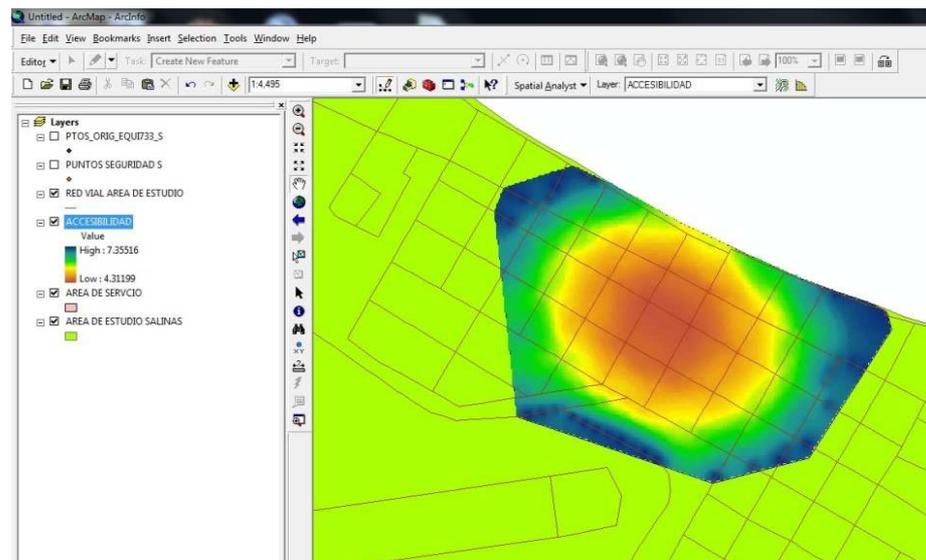


Figura 5.69 Modelo de tiempos de accesibilidad.

A diferencia del modelo de tiempos de movilización, los valores de accesibilidad se expresaron en porcentaje, para lo cual se procedió a normalizar los valores de la cobertura utilizando la herramienta *Raster Calculator*, (Figura 5.70), aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Accesibilidad \%} = 1 - \left(\frac{\text{Acce.total} - \text{Acce.mínimo}}{\text{Acce.máximo} - \text{Acce.mínimo}} \right)$$

Donde,

Acce.total: Raster de los tiempos promediados

Acce.mínimo: Valor mínimo de *Acce.total*

Acce.máximo: Valor máximo de *Acce.total*.

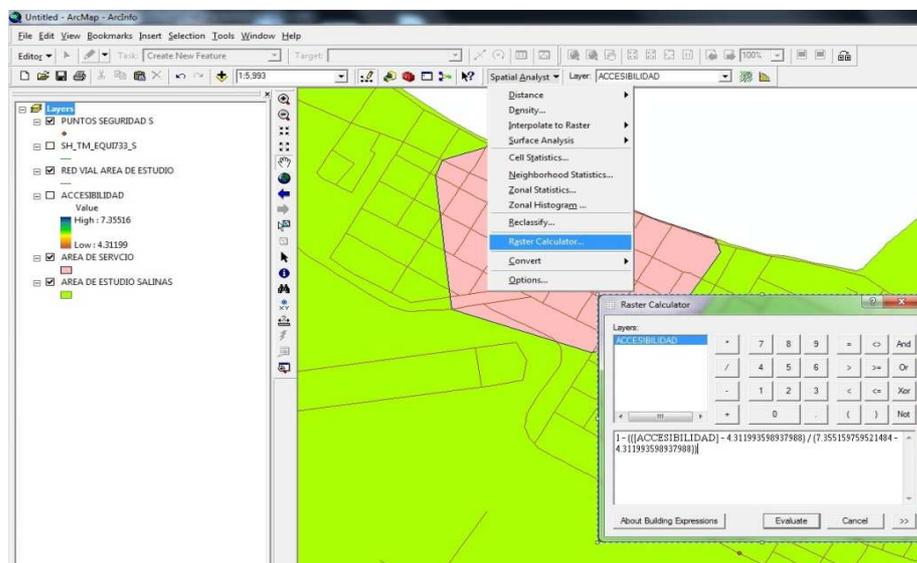


Figura 5.70 Obtención de valores accesibilidad normalizados.

Con lo cual se obtuvo el modelo en valores porcentuales para cada área de cobertura (Figura 5.71)

Para la ciudad de Bahía de Caráquez se utilizó la misma metodología antes descrita, empleando los escenarios determinados (Tabla 5.9, pag. 106) y los puntos de seguridad correspondientes (Figura 3.41, pag. 75).

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

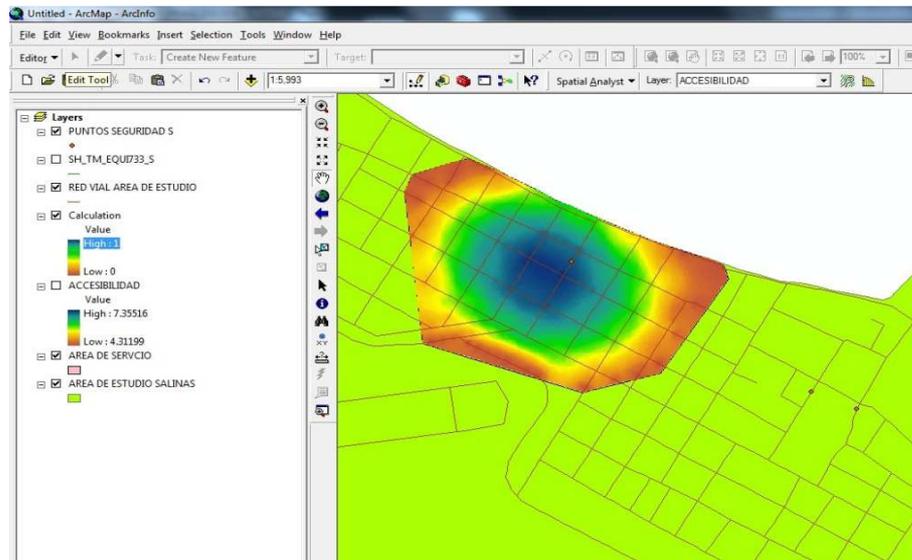


Figura 5.71 Modelo de tiempos de accesibilidad en porcentaje.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Escenarios

Después de realizar las pruebas de tiempos de ascenso con los diferentes sujetos escogidos sumados al tiempo de toma de conciencia del peligro, se procedió a restarlos de los tiempos de llegada del tsunami para cada ciudad y se obtuvieron los escenarios de tiempo finales, con los cuales se trabajó durante el resto del estudio. Para la ciudad de Salinas se obtuvieron 2 escenarios y para la ciudad de Bahía de Caráquez se obtuvieron 3 escenarios, los mismos que se subdividieron en 2 escenarios cada uno de ellos. (Tabla 5.10)

Tabla 5.10 Escenarios totales.

| CIUDAD | ESCENARIO | TIEMPO | (T) DECIMAL |
|-------------------|-------------|--------|-------------|
| SALINAS | ESCENARIO 1 | 7'20'' | 7,33 |
| | ESCENARIO 2 | 8'22'' | 8,36 |
| BAHÍA DE CARÁQUEZ | ESCENARIO 1 | 0'20'' | 0,33 |
| | | 4'20'' | 4,33 |
| | ESCENARIO 2 | 1'20'' | 1,33 |
| | | 5'20'' | 5,33 |
| | ESCENARIO 3 | 2'22'' | 2,36 |
| | | 6'22'' | 6,36 |

5.3.2 Áreas de cobertura de evacuación (ACE)

Representan el área de influencia, de los edificios o puntos de seguridad, en base a los tiempos de movilización, expresada mediante un polígono sobre el terreno. Dichas áreas de cobertura se las obtuvo en base a los tiempos de cada uno de los escenarios determinados anteriormente. **(ANEXOS C27 y C28, mapas de ACE de Salinas, ANEXO C29, mapa de ACE de Bahía de Caráquez).**

A continuación se describen los resultados para cada una de las ciudades objeto del presente estudio:

Salinas

El valor de población existente dentro de cada área de cobertura de evacuación, se lo obtuvo en base al índice de densidad poblacional. En primera instancia se utilizaron datos obtenidos del INEC, procedentes del censo poblacional realizado en el año 2010, pero dichos valores arrojaban resultados erróneos o fuera de la realidad, ya que fueron obtenidos tomando

en cuenta todo el territorio de cada cantón sin discriminar las zonas urbanas de las rurales. Por ello se decidió utilizar datos de las zonas urbanas como tal, dichos datos fueron extraídos de información provista por los GADs de cada cantón a través de sus portales web. (Tabla 5.11).

Tabla 5.11 Densidad poblacional de Salinas.

| POBLACIÓN URBANA (Hab) | ÁREA URBANA (Km ²) | DENSIDAD POBLACIONAL (Hab/Km ²) |
|------------------------|--------------------------------|---|
| 29.294 | 27,07 | 1082,22 |

Fuente: www.salinas.gob.ec

En periodo vacacional la población aumenta en un 50% por ello se calcula un segundo índice de densidad poblacional. (Tabla 5.12)

Tabla 5.12 Densidad poblacional en época vacacional de Salinas.

| POBLACIÓN URBANA (Hab) | ÁREA URBANA (Km ²) | DENSIDAD POBLACIONAL (Hab/Km ²) |
|------------------------|--------------------------------|---|
| 58.588 | 27,07 | 2164,47 |

Fuente: www.salinas.gob.ec

En base al primer escenario delimitado por el tiempo de 7 minutos con 20 segundos, se obtuvieron 7 áreas de cobertura de evacuación, una para cada punto de seguridad. (Figura 5.72)

Sobre la base de los polígonos obtenidos, que representan a las áreas de cobertura de evacuación y por medio del índice de densidad poblacional (Tabla 5.12), se calculó el número de habitantes existentes dentro de cada una de éstas áreas, tanto para la época de densidad baja como para la época de alta densidad poblacional (fin de semana y días feriados), (Tabla 5.13).

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

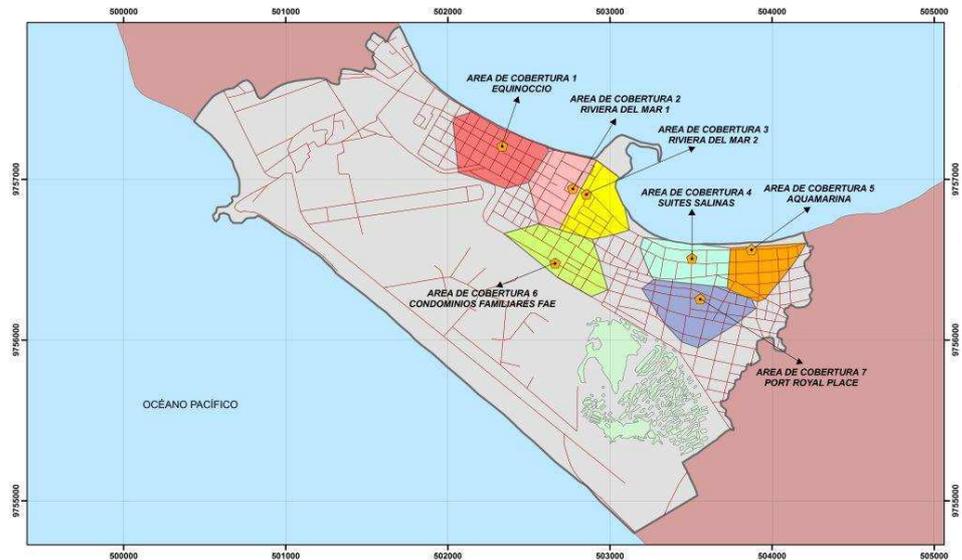


Figura 5.72 Áreas de cobertura de evacuación (ACE), del primer escenario de Salinas.

Tabla 5.13 Atributos de las ACE (primer escenario), de Salinas.

| AREAS DE COBERTURA | POBLACIÓN (ÉPOCA NORMAL) | POBLACIÓN (ÉPOCA VACACIONAL) | EMPLAZAMIENTOS |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| ACE 1 (Edificio Equinoccio) | 196 | 392 | Adecuados |
| ACE 2 (Riviera del Mar 2) | 134 | 268 | Adecuados |
| ACE 3 (Riviera del Mar 1) | 132 | 264 | Adecuados |
| ACE 4 (Suites Salinas) | 141 | 281 | Adecuados |
| ACE 5 (Edificio Aquamarina) | 123 | 247 | Adecuados |
| ACE 6 (Condominios FAE) | 157 | 314 | Adecuados |
| ACE 7 (Port Royal Place) | 193 | 385 | Insuficientes (época vacacional) |

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

Utilizando el segundo escenario delimitado por el tiempo de 8 minutos con 22 segundos se obtuvieron 7 áreas de cobertura de evacuación, una para cada punto de seguridad. (Figura 5.73)

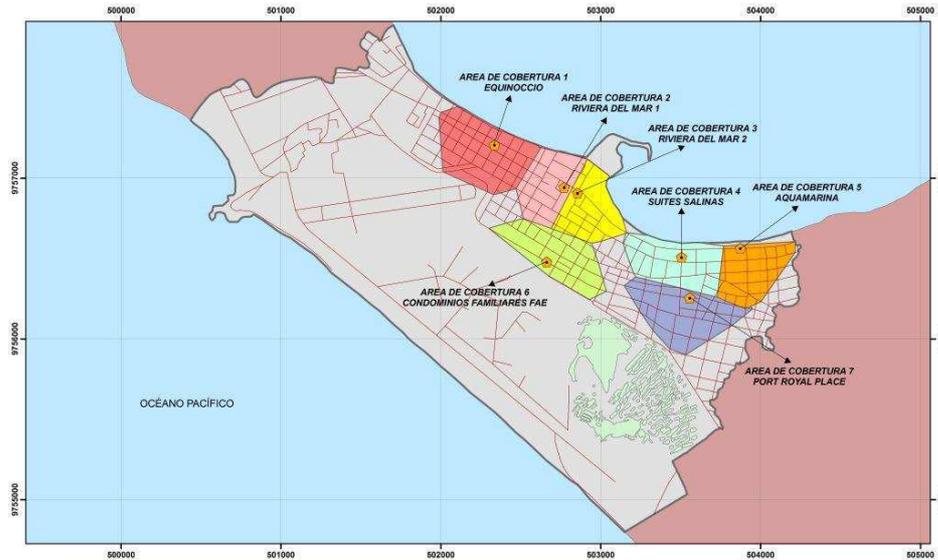


Figura 5.73 Áreas de cobertura (ACE) del segundo escenario de Salinas.

Sobre la base de los polígonos obtenidos, que representan a las áreas de cobertura de evacuación y por medio del índice de densidad poblacional de Salinas, se calculó el número de habitantes existentes dentro de cada una de éstas áreas, tanto para la época de densidad baja como para la época de alta densidad poblacional (fines de semana y días feriados), (Tabla 5.14).

Debido a que el valor de densidad poblacional se lo calculó en base al área urbana, se digitalizó un polígono dentro del área de estudio o zona de evacuación vertical definida para la ciudad de Salinas, dónde únicamente conste la zona poblada de la misma. (Figura 5.74)

Tabla 5.14 Atributos de las ACE (segundo escenario), obtenidas en Salinas.

| AREAS DE COBERTURA | POBLACIÓN (ÉPOCA NORMAL) | POBLACIÓN (ÉPOCA VACACIONAL) | EMPLAZAMIENTOS |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| ACE 1 (Edificio Equinoccio) | 237 | 474 | Adecuados |
| ACE 2 (Riviera del Mar 2) | 145 | 290 | Adecuados |
| ACE 3 (Riviera del Mar 1) | 147 | 294 | Adecuados |
| ACE 4 (Suites Salinas) | 179 | 359 | Adecuados |
| ACE 5 (Edificio Aguamarina) | 123 | 247 | Adecuados |
| ACE 6 (Condominios FAE) | 187 | 374 | Adecuados |
| ACE 7 (Port Royal Place) | 214 | 429 | Insuficientes (época vacacional) |

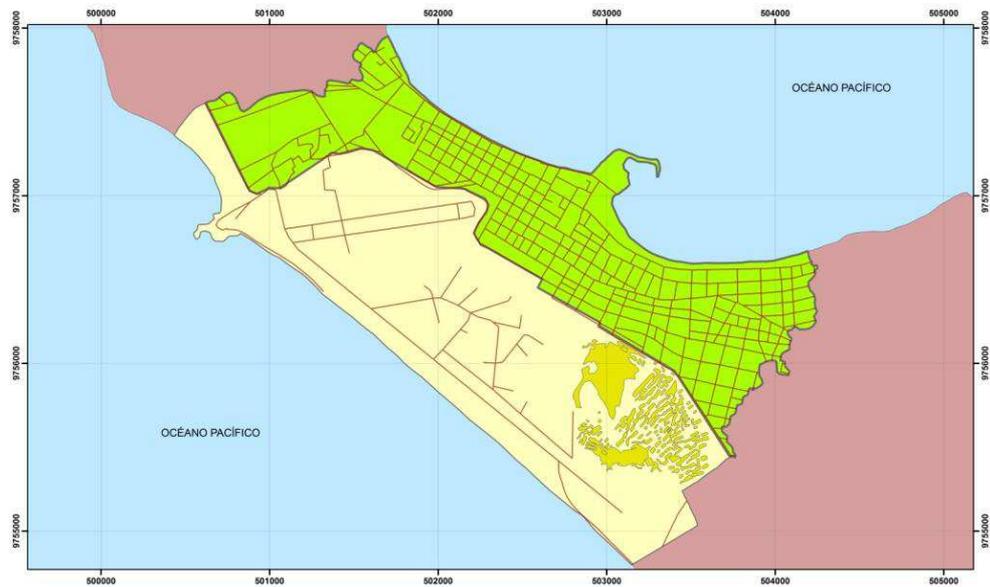


Figura 5.74 Área urbana dentro de la zona de evacuación vertical de Salinas.

Representada en tonalidad verde con un área total de 2,241Km², se encuentra el área urbana dentro de la zona de evacuación vertical con la cual se calculó el valor de población existente y se la comparó con la población que tendría la

posibilidad de llegar a una zona de seguridad antes de ser afectada por la primera ola del tsunami. (Tabla 5.15)

Tabla 5.15 Cifras finales de evacuación de Salinas.

| TEMPORADA | INDICADORES | ESCENARIO 7'20'' | ESCENARIO 8'22'' |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| ÉPOCA NORMAL | POBLACION TOTAL | 2425 | 2425 |
| | POBLACION EVACUADA | 1076 | 1261 |
| | PERDIDAS HUMANAS | 1350 | 1164 |
| ÉPOCA VACACIONAL | POBLACION TOTAL | 4851 | 4851 |
| | POBLACION EVACUADA | 2151 | 2522 |
| | PERDIDAS HUMANAS | 2699 | 2329 |

Bahía de Caráquez

El valor de población existente dentro de cada área de cobertura, se lo obtuvo en base al índice de densidad poblacional de la Ciudad de Bahía de Caráquez, obtenido a través del portal web del GAD del cantón Sucre. (Tabla 5.16).

Tabla 5.16 Densidad poblacional de Bahía de Caráquez.

| POBLACIÓN URBANA (Hab) | ÁREA URBANA (Km ²) | DENSIDAD POBLACIONAL (Hab/Km ²) |
|------------------------------|--------------------------------------|---|
| 24.963 | 8,01 | 3117,64 |

Fuente: www.sucre.gob.ec

Para esta ciudad se determinaron 3 escenarios con dos valores de tiempo cada uno, por lo cual en primera instancia se obtuvieron 6 áreas de cobertura de evacuación, pero debido a que, con el valor de tiempo de 0 minutos y 20 segundos, el área de cobertura del Edificio Punta Norte era mínima, se decidió excluirla del análisis, habiendo puesto en consideración únicamente 5 áreas de cobertura. (Figura 5.75)

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

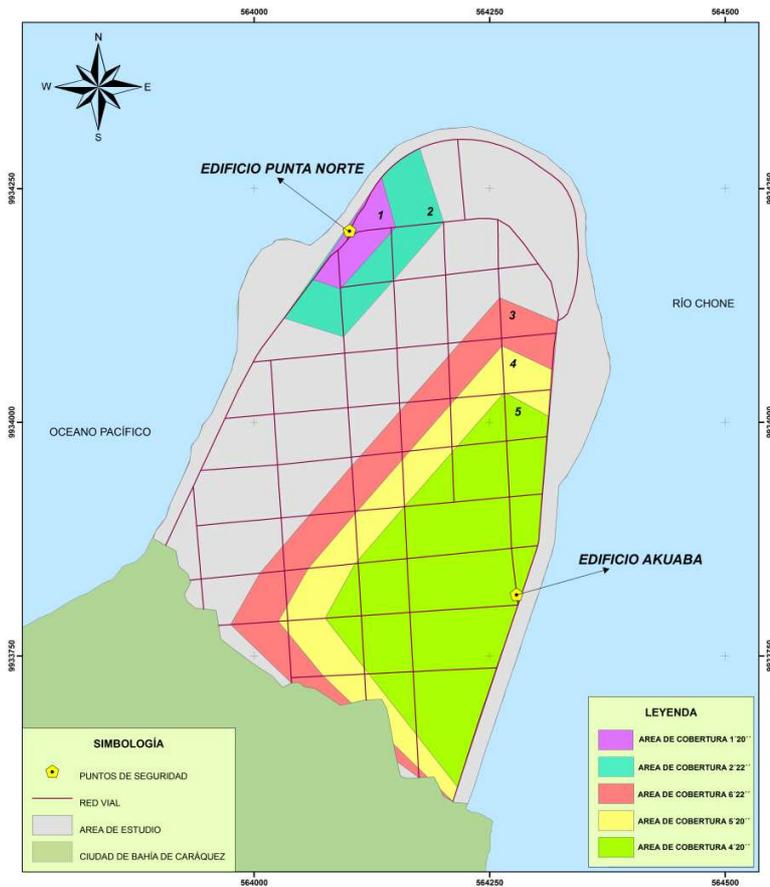


Figura 5.75 Áreas de cobertura (ACE) de Bahía de Caráquez.

Tabla 5.17 Atributos de las ACE, de Bahía de Caráquez.

| ESCENARIO | AREAS DE COBERTURA | POBLACIÓN (ÉPOCA NORMAL) | EMPLAZAMIENTOS |
|-----------|---------------------------------|--------------------------|----------------|
| 2'22" | ACE 1 (Edificio Punta Norte) | 12 | Adecuados |
| 1'20" | ACE 2 (Edificio Punta Norte) | 47 | Adecuados |
| 6'22" | ACE 3 (Edificio Akuaba) | 296 | Adecuados |
| 5'20" | ACE 4 (Edificio Akuaba) | 224 | Adecuados |
| 4'20" | ACE 5 (Edificio Akuaba) | 159 | Adecuados |

Sobre la base de los polígonos obtenidos, que representan a las áreas de cobertura de evacuación y por medio del índice de densidad poblacional de la ciudad de Bahía de Caráquez, se calculó el número de habitantes existentes dentro de cada una de éstas áreas (Tabla 5.17).

La zona de evacuación vertical definida para esta ciudad posee un área 0,217Km², valor con el cual se calculó la población que existiría dentro de esta área y se la comparó con la población que tendría la posibilidad de llegar a una zona de seguridad antes de ser afectada por la primera ola del tsunami. (Tabla 5.18)

Tabla 5.18 Cifras finales de evacuación de Bahía de Caráquez.

| VALORES | ESCENARIO 1 | ESCENARIO 2 | ESCENARIO 3 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| POBLACION TOTAL | 677 | 677 | 677 |
| POBLACION EVACUADA | 159 | 237 | 343 |
| PERDIDAS HUMANAS | 518 | 440 | 334 |

5.3.3 Accesibilidad

La accesibilidad es la facilidad de trasladarse de un lugar a otro por medio de una red de comunicación, tomando en cuenta los distintos factores presentes durante el recorrido. Es la facilidad con que un servicio puede ser alcanzado desde una localización.

Salinas

Se obtuvieron 7 modelos de accesibilidad para cada escenario determinado para la ciudad de Salinas, **(ANEXO C30 y C31, mapas de accesibilidad para cada escenario de Salinas).**

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

Para describir los resultados de accesibilidad se presentan los modelos correspondientes a cada escenario de tiempo. (Figura 5.76)

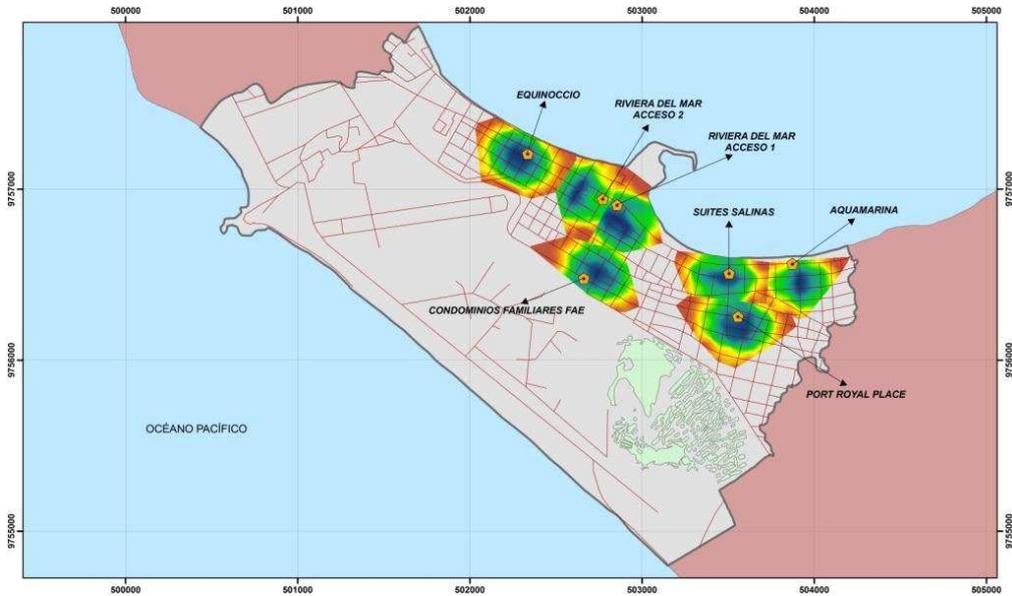


Figura 5.76 Modelos de accesibilidad para el primer escenario de Salinas.

Tabla 5.19 Descripción del modelo de accesibilidad para el primer escenario de Salinas.

| | |
|--|--|
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO EQUINOCCIO</p> <p>Valores altos de accesibilidad comprendidos entre el 80% y el 100% hacia el centro del área de cobertura, específicamente entre las calles Guillermo Ordoñez y Eugenio Espejo, además se obtuvieron porcentajes entre 0% y 20% en los extremos oeste, este y sur del área de cobertura.</p> |
| | <p style="text-align: center;">RIVIERA DEL MAR ACCESO 2</p> <p>Porcentajes altos de accesibilidad, comprendidos entre el 80% y el 100%, se encontraron hacia el centro-oeste del área de cobertura, específicamente entre las avenidas Eloy Alfaro y María Luz Gonzales, además se obtuvieron porcentajes entre 0% y 20% en los extremos noreste y sur del área de cobertura.</p> |

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

| | |
|--|---|
| | <p style="text-align: center;">RIVIERA DEL MAR ACCESO 1</p> <p>Porcentajes altos de accesibilidad, comprendidos entre el 80% y el 100% hacia el centro-oeste del área de cobertura, específicamente entre las calles Mercedes de J. Molina y Fidon Tomalá, además se obtuvo porcentajes entre 0% y 20% principalmente en el extremo norte del área.</p> |
| | <p style="text-align: center;">SUITES SALINAS</p> <p>Se obtuvieron valores altos de accesibilidad comprendidos entre el 80% y el 100% hacia el centro del área de cobertura, específicamente entre las calles Rafael de la Cuadra y Armando Barreto, además se obtuvieron porcentajes entre 0% y 20% en los extremos oeste y este del área de cobertura.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO AQUAMARINA</p> <p>Porcentajes altos de accesibilidad, comprendidos entre el 80% y el 100%, se encontraron hacia el centro del área de cobertura, específicamente entre las avenidas Malecón y José M. Velazco Ibarra, además se obtuvieron porcentajes entre 0% y 20% en el extremo noreste del área de cobertura.</p> |
| | <p style="text-align: center;">CONDOMINIOS FAMILIARES FAE</p> <p>Se encontraron porcentajes altos de accesibilidad, comprendidos entre el 80% y el 100% hacia el centro del área de cobertura, específicamente entre las avenidas Jaime Roldós Aguilera y Antonio José de Sucre, además se obtuvo porcentajes entre 0% y 20% principalmente en el extremo oeste del área de cobertura.</p> |



Los modelos obtenidos a partir del segundo escenario correspondiente a 8 minutos con 22 segundos son muy similares, con la diferencia que las áreas de cobertura se extienden entre 50 y 60 metros cada una. (Figura 5.77)

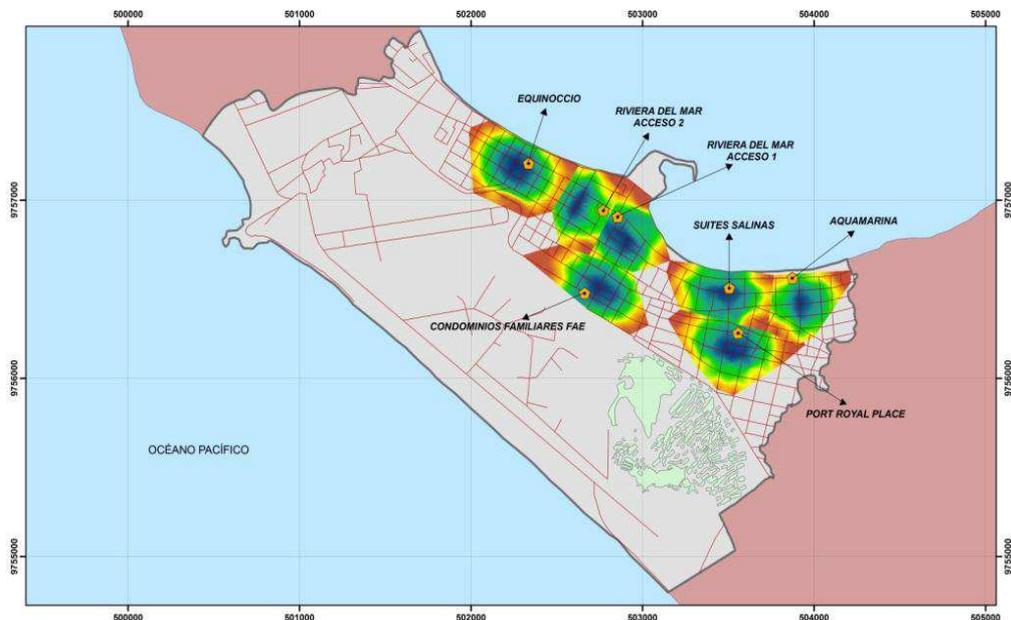


Figura 5.77 Modelos de accesibilidad para el segundo escenario de Salinas.

Bahía de Caráquez

Para esta ciudad se obtuvieron 5 modelos de accesibilidad en total, distribuidos entre los dos puntos de seguridad. **(ANEXO C32, mapa de accesibilidad para cada escenario de Bahía de Caráquez)**

Debido a que los modelos corresponden al mismo punto de seguridad en más de una ocasión, se procede a describirlos mediante numeración ascendente. (Figura 5.78)

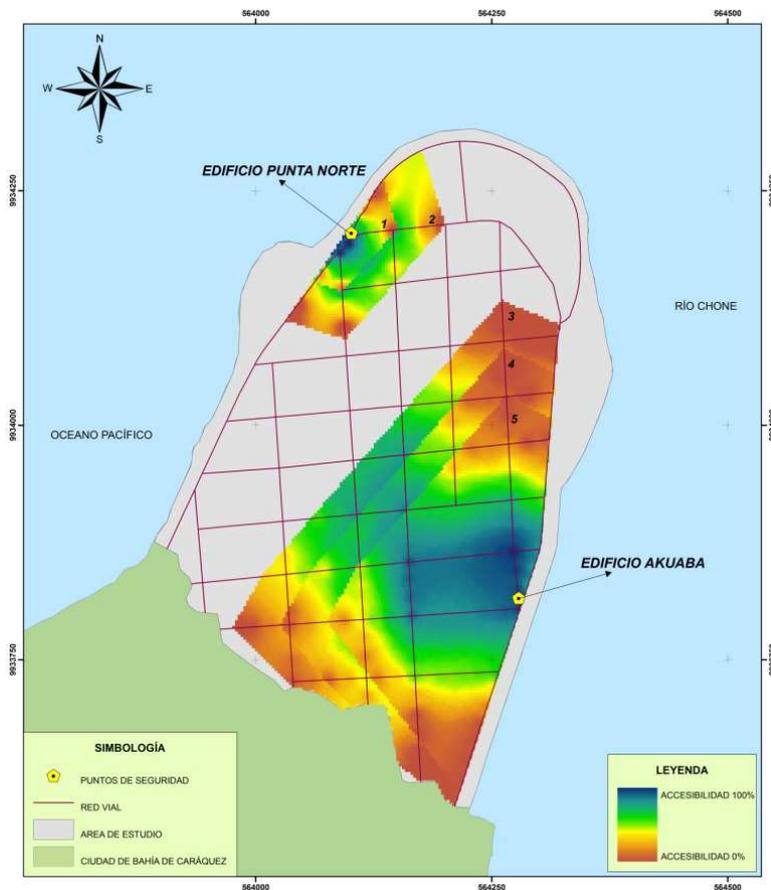
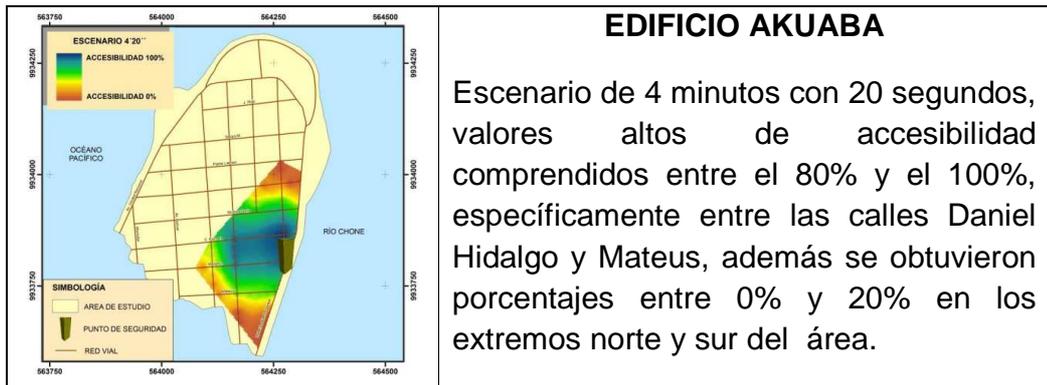


Figura 5.78 Modelos de accesibilidad de Bahía de Caráquez.

Tabla 5.20 Descripción del modelo de accesibilidad para Bahía de Caráquez.

| | |
|--|---|
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO PUNTA NORTE</p> <p>Escenario de tiempo de 1 minuto con 20 segundos, el área donde los porcentajes de accesibilidad son de 80% y 100% es de alrededor de 200m² y las áreas que presentan una accesibilidad entre 0% y 20% se encuentran directamente en las esquinas del área de cobertura.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO PUNTA NORTE</p> <p>Escenario de tiempo de 2 minutos con 22 segundos, el área donde los porcentajes de accesibilidad son de 40% y 100% está comprendida entre las calles Cecilio Intriago y Octavio Viteri, además se obtuvieron porcentajes entre 0% y 20% en los extremos del área de cobertura.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO AKUABA</p> <p>Escenario de tiempo de 6 minutos con 22 segundos, se encontraron porcentajes altos de accesibilidad, comprendidos entre el 80% y el 100% hacia el centro del área de cobertura, específicamente entre las calles Daniel Hidalgo y Maraón, porcentajes entre 0% y 20%, en los extremos norte y sur.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO AKUABA</p> <p>Escenario de tiempo de 5 minutos con 20 segundos, porcentajes altos de accesibilidad, comprendidos entre el 80% y el 100%, se encontraron, específicamente entre las avenidas Muñoz Dávila y Maraón, porcentajes entre 0% y 20% en los extremos norte y sur del polígono.</p> |



5.3.4 Tiempos de Movilización

La movilización es representada a través del valor de tiempo que le lleva a una persona en trasladarse de un punto de evacuación hacia el punto de seguridad más cercano, a través de la red vial existente.

Se obtuvieron 7 modelos de tiempos de movilización para cada uno de los dos escenarios que se determinaron para la Ciudad de Salinas. **(ANEXO C33 y C34, mapas de movilización para cada escenario de Salinas).**

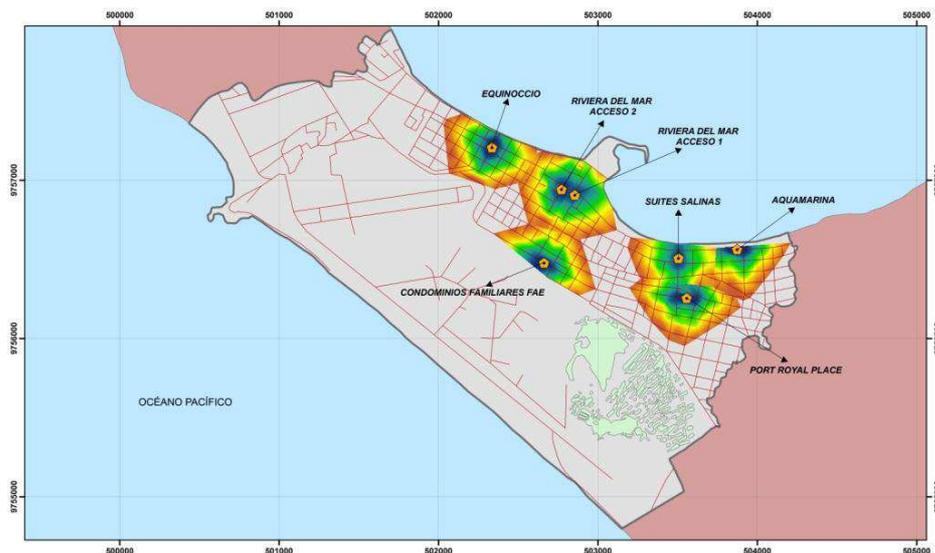


Figura 5.79 Modelos de tiempos de movilización, primer escenario de Salinas.

Tabla 5.21 Descripción del modelo de movilización para el primer escenario de Salinas.

| | |
|--|---|
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO EQUINOCCIO</p> <p>Los tiempos de movilización más bajos entre 0'07'' y 2'30'' se encuentran dentro del área comprendida entre las calles Pedro José Rodríguez y Eugenio Espejo y consecuentemente los tiempos más altos se encuentran en las zonas más alejadas del punto de seguridad.</p> |
| | <p style="text-align: center;">RIVIERA DEL MAR ACCESO 2</p> <p>Los tiempos más bajos se encuentran en las cercanías del punto de seguridad, los tiempos entre 0'07'' y 2'30'' se encuentran en el área comprendida entre las avenidas Luis Noboa y Dr. Rafael Serrano y por ende los tiempos más altos se encuentran en las zonas más alejadas del punto de seguridad.</p> |
| | <p style="text-align: center;">RIVIERA DEL MAR ACCESO 1</p> <p>Se obtuvieron los tiempos más bajos en las cercanías del punto de seguridad, los tiempos entre 0'07'' y 2'30'' se encuentran dentro del área comprendida entre las avenidas Luis Noboa y Dr. Rafael Serrano, del mismo modo los tiempos más altos se encuentran en las zonas más alejadas del punto de seguridad.</p> |
| | <p style="text-align: center;">SUITES SALINAS</p> <p>Los tiempos de movilización entre 0'07'' y 2'30'' se encuentran dentro del área comprendida entre las avenidas Malecón y General Enríquez Gallo y consecuentemente los tiempos más altos se encuentran en las zonas más alejadas del punto de seguridad.</p> |

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

| | |
|--|--|
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO AQUAMARINA</p> <p>Los tiempos más bajos se encuentran en las cercanías del punto de seguridad, los tiempos comprendidos entre 0'07'' y 2'30'' se encuentran dentro del área comprendida entre las avenidas Luis Noboa y Dr. Rafael Serrano, a su vez, los tiempos más altos se encuentran en las zonas más alejadas del punto de seguridad.</p> |
| | <p style="text-align: center;">CONDOMINIOS FAMILIARES FAE</p> <p>Los tiempos más bajos se encuentran en las cercanías del punto de seguridad, los tiempos entre 0'07'' y 2'30'' se encuentran dentro del área comprendida entre las avenidas Río Amazonas y 12 de Octubre y consecuentemente los tiempos más altos se encuentran en las zonas más alejadas del punto de seguridad.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO PORT ROYAL PLACE</p> <p>Se obtuvieron los tiempos más bajos en las cercanías del punto de seguridad, los tiempos comprendidos entre 0'07'' y 2'30'' se encuentran entre las avenidas de los Ficus y Florencio Ramírez, a su vez, los tiempos más altos se encuentran en las zonas más alejadas del punto de seguridad.</p> |

De acuerdo a las áreas de cobertura del segundo escenario correspondiente a 8 minutos con 22 segundos, los modelos obtenidos son muy similares, con la relación aproximada de 1 minuto adicional por cada 60 metros lineales sobre la red vial. (Figura 5.80)

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

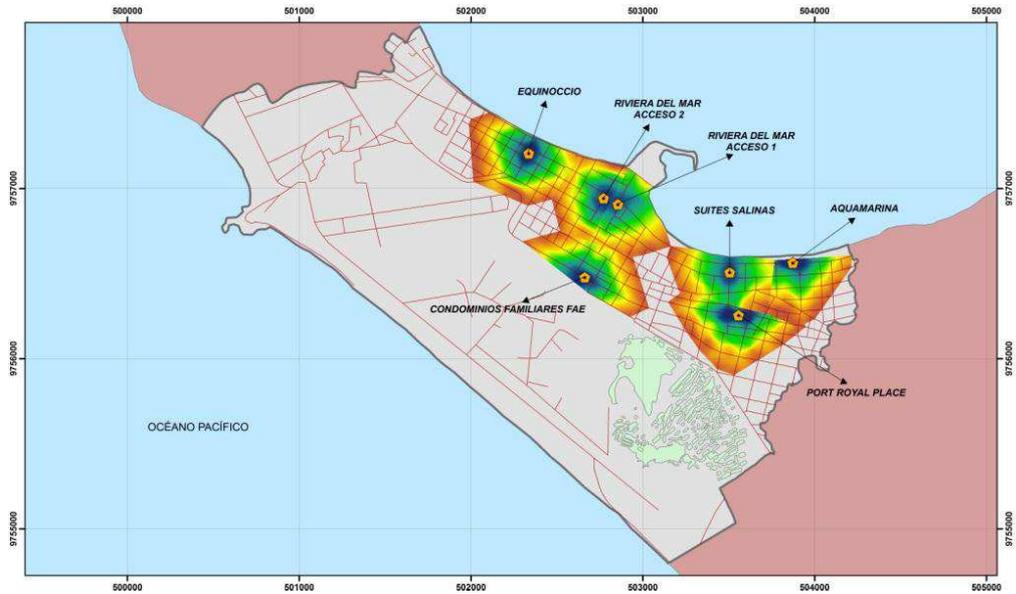


Figura 5.80 Modelos de tiempos de movilización, segundo escenario de Salinas.

Bahía de Caráquez

Para esta ciudad se obtuvieron 5 modelos de movilización en total distribuidos entre los dos puntos de seguridad. **(ANEXO C35, mapa de tiempos de movilización para Bahía)**

Debido a que los modelos corresponden al mismo punto de seguridad en más de una ocasión, se procede a describirlos mediante numeración ascendente. (Figura 5.81)

Tabla 5.22 Descripción del modelo de movilización para Bahía de Caráquez.

| EDIFICIO PUNTA NORTE | |
|-----------------------------|--|
| | <p>Dentro del área constan únicamente 12 puntos de evacuación, la zona delimitada por los 4 puntos más cercanos al punto de seguridad tienen un tiempo de movilización de 30 segundos y la zona delimitada por los 4 puntos más alejados tienen un tiempo de 1 minuto con 20 segundos.</p> |

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

| | |
|--|--|
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO PUNTA NORTE</p> <p>La zona con menores tiempos de movilización hacia el punto de seguridad corresponde a un área de aproximadamente 3000m², donde los tiempos oscilan entre 0'10'' y 0'50'', los tiempos más altos se encuentran en los puntos de evacuación del límite del área de cobertura de evacuación.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO AKUABA</p> <p>La zona los tiempos más bajos hacia el punto de seguridad corresponde al área delimitada por las calles Muñoz Dávila y Mateus, donde los tiempos oscilan entre 0'13'' y 2'32'', los tiempos más altos se encuentran en los puntos de evacuación del límite del área de cobertura.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO AKUABA</p> <p>Los tiempos más bajos hacia el punto de seguridad se encuentran en el área delimitada por las calles Cincinato Estrada y Mateus, donde los tiempos oscilan entre 0'13'' y 1'04'', los tiempos más altos se encuentran en los puntos de evacuación al límite del polígono.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO AKUABA</p> <p>Los tiempos de movilización más bajos están en el área delimitada por las calles Cincinato Estrada y Marañón, donde los tiempos oscilan entre 0'12'' y 0'52'', los tiempos más altos se encuentran en los puntos de evacuación en los límites del polígono.</p> |

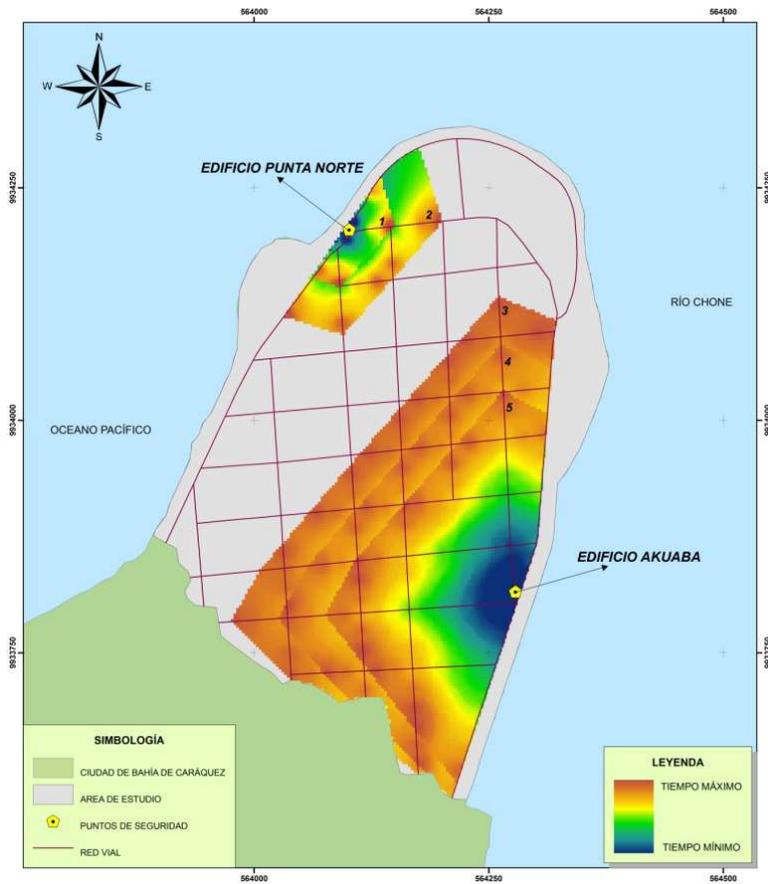


Figura 5.81 Modelos de tiempos de movilización de Bahía de Caráquez.

5.3.5 Rutas de Evacuación

Las rutas de evacuación óptimas (no necesariamente las más cortas), se las obtuvo a partir de la cobertura lineal de los tiempos de movilización. Con ésta cobertura se puede obtener la ruta con su respectivo tiempo de movilización desde cualquier punto de evacuación hacia el punto de seguridad.

Salinas

Se obtuvieron 7 modelos de rutas de evacuación para el escenario más crítico (7'20'') de la ciudad de Salinas.

Tabla 5.23 Descripción del modelo de rutas de evacuación para el primer escenario de Salinas.

| | |
|--|--|
| <p>TIEMPOS (min)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1:00 2:00 3:35 4:40 4:56 5:00 6:50 7:15 7:20 <p>SIMBOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> AREA DE ESTUDIO MANZANAS AREA DE SERVICIO PUNTO DE EVACUACION PUNTO DE SEGURIDAD RED VIAL | <p>EDIFICIO EQUINOCCIO</p> <p>Con un lapso máximo de tiempo de evacuación de 7'20". La cantidad de puntos de evacuación es considerable, pero los accesos viales y los accesos propios del edificio presentan condiciones adecuadas para facilitar la evacuación.</p> |
| <p>TIEMPOS (min)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2:00 3:10 3:55 4:20 5:00 5:45 6:05 6:38 6:56 7:33 <p>SIMBOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> AREA DE ESTUDIO MANZANAS AREA DE SERVICIO PUNTO DE EVACUACION PUNTO DE SEGURIDAD RED VIAL | <p>RIVIERA DEL MAR ACCESO 2</p> <p>Con un lapso máximo de tiempo de evacuación de 7'20". La cantidad de puntos de evacuación se divide porque el edificio cuenta con dos accesos, pero los accesos viales y los emplazamientos del edificio presentan condiciones adecuadas para facilitar la evacuación.</p> |
| <p>TIEMPOS (min)</p> <ul style="list-style-type: none"> 0:40 3:35 4:20 5:00 5:42 5:30 6:00 6:25 6:50 7:33 <p>SIMBOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> AREA DE ESTUDIO MANZANAS AREA DE SERVICIO PUNTO DE EVACUACION PUNTO DE SEGURIDAD RED VIAL | <p>RIVIERA DEL MAR ACCESO 1</p> <p>Con un lapso máximo de tiempo de evacuación de 7'20". La cantidad de puntos de evacuación se divide porque el edificio cuenta con dos accesos, pero los accesos viales y los emplazamientos del edificio presentan condiciones adecuadas para facilitar la evacuación.</p> |
| <p>TIEMPOS (min)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2:00 3:10 3:25 4:40 5:30 5:55 6:14 6:58 7:20 <p>SIMBOLOGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> AREA DE ESTUDIO MANZANAS AREA DE SERVICIO PUNTO DE EVACUACION PUNTO DE SEGURIDAD RED VIAL | <p>SUITES SALINAS</p> <p>Con un lapso máximo de tiempo de evacuación de 7'20", La cantidad de puntos de evacuación es considerable, pero los accesos viales y los accesos propios del edificio presentan condiciones adecuadas para facilitar la evacuación.</p> |

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL

| | |
|--|--|
| | <p>EDIFICIO AQUAMARINA</p> <p>Con un lapso máximo de tiempo de evacuación de 7'20". La cantidad de puntos de evacuación es considerable. Al ser un edificio inconcluso en su construcción, sus accesos inferiores y emplazamientos pueden ser modificados para que la labor de evacuación sea óptima.</p> |
| | <p>CONDOMINIOS FAMILIARES FAE</p> <p>En realidad este punto de seguridad comprende 4 edificios los cuales servirían de refugio temporal y podría albergar a un gran número de personas. Los accesos viales y los accesos propios de los edificios presentan condiciones adecuadas para facilitar la evacuación.</p> |
| | <p>EDIFICIO PORT ROYAL PLACE</p> <p>Con un lapso máximo de tiempo de evacuación de 7'20", La cantidad de puntos de evacuación es considerable. Al ser un edificio inconcluso en su construcción, sus accesos inferiores y emplazamientos pueden ser modificados para que la labor de evacuación sea óptima.</p> |

Para el caso del segundo escenario (8'22") determinado para la ciudad de Salinas, de la misma manera se puede obtener la ruta óptima desde cualquier punto de evacuación hacia el punto de seguridad de cada área de cobertura de evacuación.

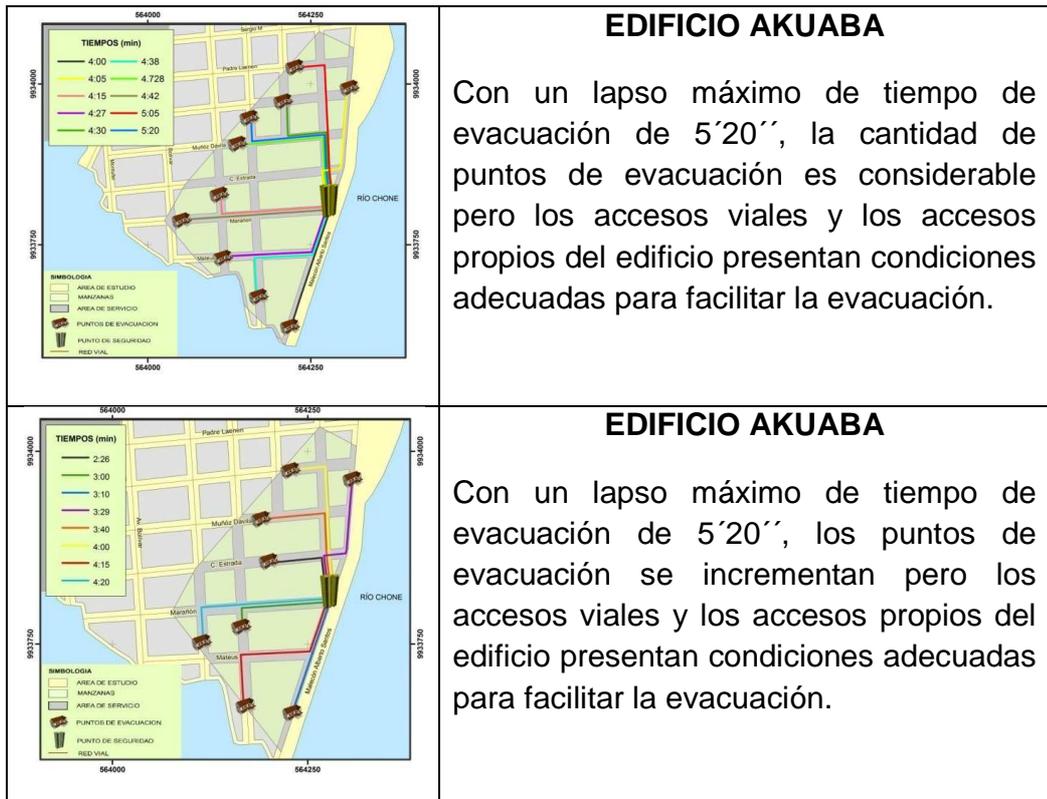
Bahía de Caráquez

Para esta ciudad se obtuvieron 5 modelos de rutas de evacuación distribuidos entre los dos puntos de seguridad.

Tabla 5.24 Descripción del modelo de rutas de evacuación para Bahía de Caráquez.

| | |
|--|---|
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO PUNTA NORTE</p> <p>Con 12 puntos de evacuación dentro del área de cobertura, la labor de evacuación se facilita, tomando en cuenta que el lapso máximo de tiempo de evacuación es de 1'20''.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO PUNTA NORTE</p> <p>El área de cobertura comprende aproximadamente 4 manzanas, en las cuales existen vías, amplias, descongestionadas y en perfecto estado, lo que agiliza y facilitará la labor de evacuación en el tiempo máximo de 2'22''.</p> |
| | <p style="text-align: center;">EDIFICIO AKUABA</p> <p>Con un lapso máximo de tiempo de evacuación de 6'22'', los puntos de evacuación se incrementan pero los accesos viales y los accesos propios del edificio presentan condiciones adecuadas para facilitar la evacuación.</p> |

CAPITULO V: MODELO DE EVACUACIÓN VERTICAL



CAPITULO VI

RESULTADOS GENERALES

6.1 INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

La vulnerabilidad viene definida como el grado de susceptibilidad de una población a ser afectada por un evento negativo. Dicha vulnerabilidad se la puede medir de acuerdo a distintos criterios como: el socioeconómico, infraestructura física, servicios básicos, servicios comunitarios, percepción del riesgo (conocimiento del medio, de los eventos negativos y capacidad de respuesta) y vías de comunicación. Cada uno de estos criterios aporta un valor de vulnerabilidad, que debe ser analizado independientemente y en su totalidad, para identificar debilidades y fortalezas a fin incorporarlas dentro de un Plan de Contingencia o de Gestión de Riesgos, que permita realizar correctivos y tomar acciones preventivas, de mitigación, preparación y que optimice la respuesta de la población ante un evento negativo de cualquier naturaleza, a fin de salvaguardar sus vidas, y en la medida de lo posible, sus bienes.

En las ciudades estudiadas, consideradas estratégicas y de importancia nacional por la infraestructura física y turística que aglutinan, se obtuvieron resultados de las 6 vulnerabilidades mencionadas, con sus respectivos mapas que permiten su ubicación espacial, y un modelo que predice los resultados e incidencias de una evacuación vertical en función de las variables que intervienen en la misma, considerando las particularidades de Salinas y de Bahía de Caráquez. Estos resultados constituyen los insumos básicos para un Plan de Gestión de Riesgos o de

Contingencia, que, con el aporte de esta investigación, deberían realizar los Organismos de Socorro y Respuesta tanto públicos como privados.

Salinas

Como se indicó anteriormente, en Salinas se analizaron 6 tipos de vulnerabilidades consideradas como las más representativas de la realidad de esta ciudad y, además, adecuadas para caracterizar el medio físico como un requisito previo a la obtención del modelo de evacuación vertical. En la figura 5.82 se observan los distintos tipos de vulnerabilidades y su nivel, expresado en porcentaje, frente a la amenaza tsunami.

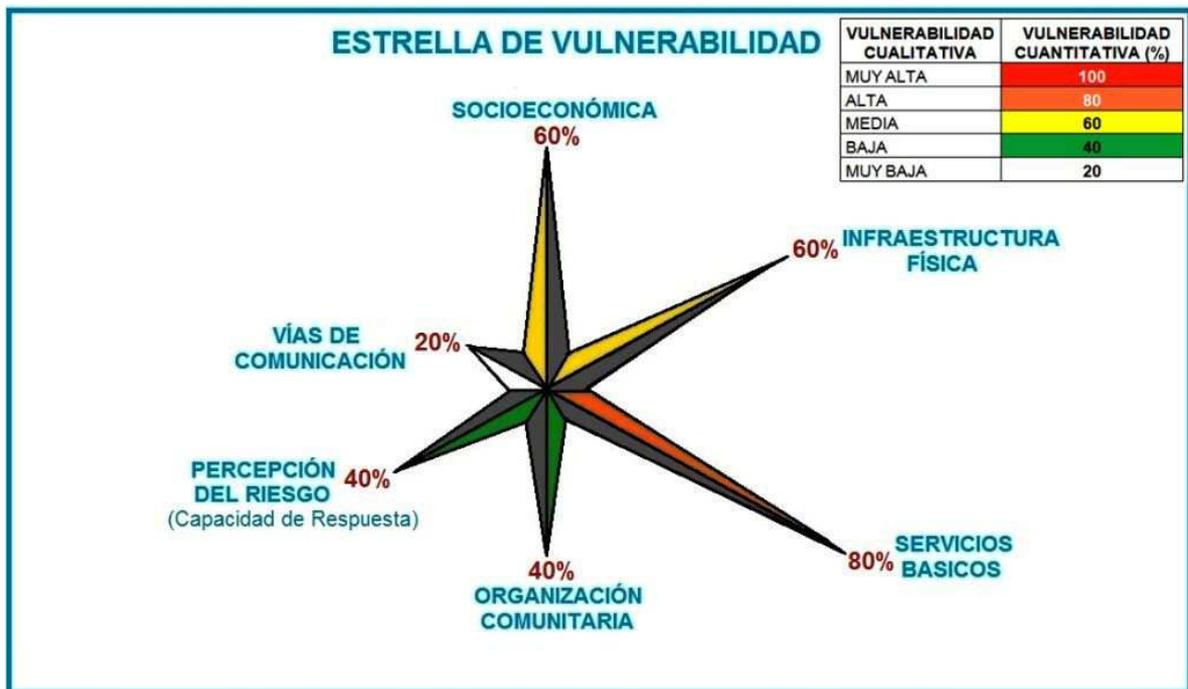


Figura 5.82 Estrella de Vulnerabilidades para Salinas.

La más alta vulnerabilidad es la de servicios básicos, lo que evidencia que en su mayoría casi todos los habitantes de la ciudad cuentan con los servicios básicos completos, funcionales y en buen estado de conservación. Al poseer mayor cantidad de servicios, se tiene una mayor probabilidad de que éstos sean afectados total o

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

parcialmente por un evento adverso tipo tsunami. La opción más adecuada para reducir este valor de vulnerabilidad es el de incentivar a la ciudadanía a tener sistemas alternos para el abastecimiento de servicios, como poseer cisternas para almacenar agua potable, disponer de generadores u otros artefactos para provisión de energía eléctrica e iluminación, entre otros.

En segundo lugar se encuentra la vulnerabilidad socioeconómica y de infraestructura física, ambas con un valor del 60%. Es difícil cambiar la condición económica y social de toda una población, por lo que se propone fomentar la cultura del ahorro para enfrentar situaciones de emergencia económica. En cuanto a la Infraestructura física, es de vital importancia que exista una correcta y acorde ordenanza municipal en la cual conste que todas las construcciones deban tener diseños sismo resistentes y materiales de buena calidad, a fin de disminuir los posibles daños que ocasionaría el sismo generador del potencial tsunami.

En percepción del riesgo y organización comunitaria, la vulnerabilidad alcanza un valor del 40% porque la población conoce su entorno y percibe los daños que podría ocasionar un potencial tsunami; así mismo tienen nociones de cómo se debería reaccionar ante un fenómeno de este tipo, aunque se hace necesario reforzar este conocimiento mediante campañas de educación a la población. En cuanto a organización comunitaria y bienes comunales, se han identificado comités barriales, con sus representantes y servicios comunitarios tales como centros de salud, dispensarios médicos, canchas y clubes deportivos, con sus respectivos dirigentes, lo que evidencia una buena organización comunitaria que facilitaría cualquier tarea de capacitación y coordinación y, posteriormente, de reacción.

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

La vulnerabilidad más baja (20%), corresponde a la red vial ya que, como se describió anteriormente, las vías son amplias, pavimentadas, en buen estado de conservación y perfectamente funcionales, lo que facilitaría cualquier tipo de evacuación y desplazamiento, además de que, luego de pasada la inundación, esta podría continuar funcional aunque de manera limitada hasta realizar la limpieza de lodo y escombros.

Modelo de Evacuación

Dentro del área de cobertura de cada edificio considerado como punto de seguridad, se obtuvieron datos de accesibilidad expresados en porcentaje, tiempos de movilización y rutas óptimas desde cada uno de los puntos de evacuación hacia el punto de seguridad identificado, (Figura 5.83).

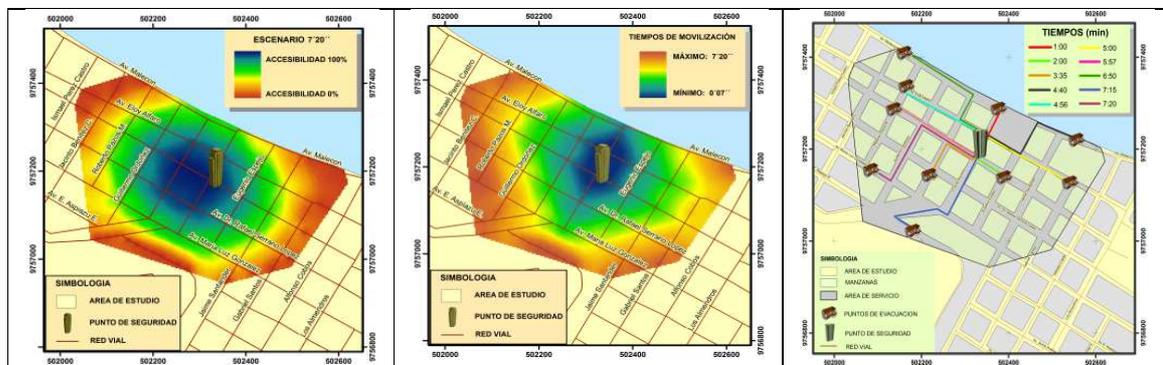


Figura 5.83 Modelo de evacuación vertical para Edificio Equinoccio.

A partir de este modelo se identificaron las zonas en donde existe dificultad para trasladarse de un lugar a otro, (impedancia), mediante los valores de accesibilidad que resultaron de la interpolación de los tiempos de movilización (muchos a muchos); posteriormente, se delimitaron las zonas donde los tiempos de movilización, que resultaron de la interpolación de los tiempos de movilización (muchos a uno), son

altos desde las viviendas hasta el punto de seguridad, para finalmente, encontrar las rutas óptimas (no necesariamente las más cortas), desde todos los puntos de evacuación (puerta principal de cada vivienda) hasta el punto de seguridad, que en este caso, corresponde al Edificio Equinoccio, (Figura 5.84), ubicado entre la avenida Eloy Alfaro y la calle Cosme Renela.

Bahía de Caráquez

Como se indicó anteriormente, en Bahía de Caráquez también se analizaron los 6 tipos de vulnerabilidades consideradas como las más representativas de la realidad de esta ciudad y, adecuadas para caracterizar el medio físico, como un requisito previo a la obtención del modelo de evacuación vertical. En la figura 5.87 se observan los distintos tipos de vulnerabilidades y su nivel, expresado en porcentaje, frente a la amenaza tsunami.

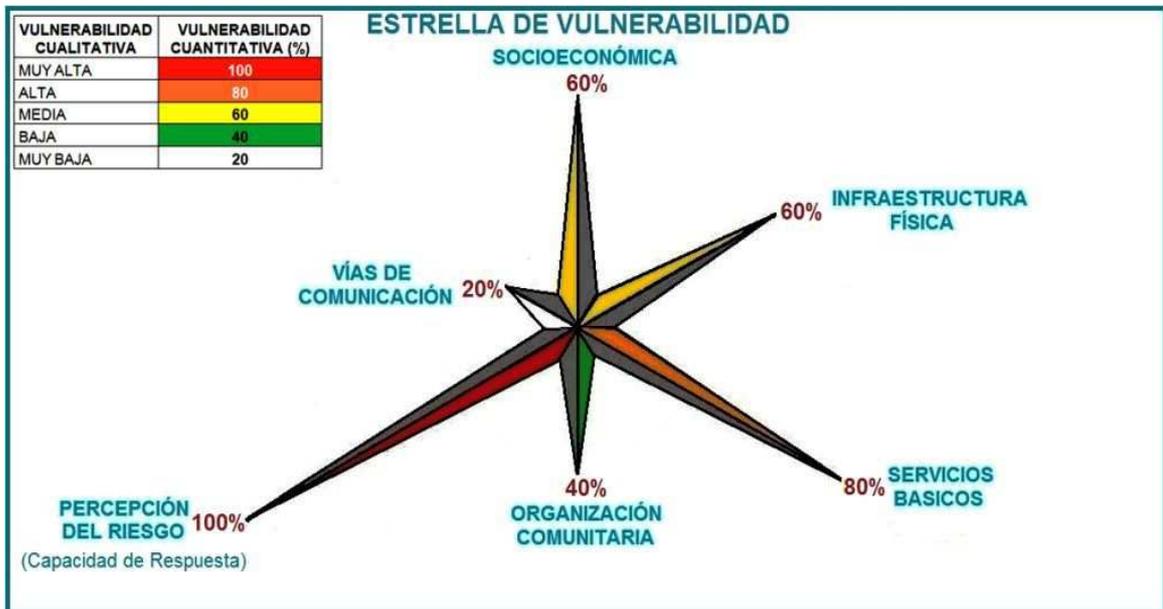


Figura 5.84 Estrella de Vulnerabilidades para Bahía de Caráquez

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

La vulnerabilidad más alta (100%) es la de percepción del riesgo, enfocada desde el punto de vista de desconocimiento del medio, de la capacidad de reacción o respuesta de la población y de la afectación que podría causar el fenómeno tsunami.

Este resultado, aparentemente, podría parecer una contradicción en una ciudad cuya población vivió eventos negativos muy insidiosos en 1998, con el fenómeno El Niño y el sismo, eventos que dejaron lecciones aprendidas en la población, especialmente de escasos recursos. Estos resultados pueden explicarse a partir del análisis y tratamiento de la información obtenida en el campo, pues se evidenció que la población que ocupa el área de estudio, en su gran mayoría, es flotante, es decir son turistas y personas de buena condición económica que ocupan las villas y edificios únicamente en períodos vacacionales y días feriados; consecuentemente, al no pertenecer al medio, no lo conocen ni tienen noción de lo que les podría ocurrir de presentarse un evento tipo tsunami. Por esto, tampoco han participado (y no les interesa), en charlas de capacitación, simulacros y otros eventos tendentes a mejorar su capacidad de respuesta. La concientización y capacitación en este sector de alto riesgo, debería ser una tarea prioritaria de los Organismos de Socorro y de la Secretaría Nacional de Gestión del Riesgo, habida cuenta que esta es la zona turística y hotelera de la ciudad, y aglutina, en época vacacional, una gran densidad de población, tanto de visitantes como la que ofrece sus servicios al turismo.

La segunda más alta vulnerabilidad (80%) es la de servicios básicos, lo que evidencia que en su mayoría casi todos los habitantes de este sector de la ciudad cuentan con los servicios básicos completos, funcionales y en buen estado de conservación. Al poseer mayor cantidad de servicios, se tiene una mayor

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

probabilidad de que éstos sean afectados total o parcialmente por un evento adverso tipo tsunami. La opción más adecuada para reducir este valor de vulnerabilidad es el de incentivar a la ciudadanía a tener sistemas alternos para el abastecimiento de servicios, como poseer pozos o cisternas, disponer de generadores u otros artefactos para provisión de energía eléctrica e iluminación, entre otros.

En tercer lugar se encuentra la vulnerabilidad socioeconómica y de infraestructura física, ambas con un valor del 60%. Este valor se explica porque la zona de más alta plusvalía está circunscrita al malecón; la zona central está ocupada por población económicamente activa conformada por empleados públicos y privados residentes permanentes de Bahía, con ingresos económicos mensuales fluctuantes entre los 400 a 800 dólares. Este segmento de población constituye la clase media de la ciudad y sus viviendas, aunque cómodas, son modestas en su mayoría, tanto desde el punto de vista de bienes muebles como en calidad de materiales de construcción, indicadores que explican el nivel de vulnerabilidad obtenido.

En organización comunitaria y bienes comunales la vulnerabilidad es baja (40%), se han identificado comités barriales con sus representantes y servicios comunitarios como un centro de salud, parques y plazas para esparcimiento de la comunidad, lo que evidencia una buena organización comunitaria que facilitaría cualquier tarea de capacitación y coordinación y, posteriormente, de reacción.

La vulnerabilidad más baja (20%), se refiere a la red vial ya que, como se describió anteriormente, la zona en estudio posee vías amplias, pavimentadas, en buen estado de conservación, perfectamente funcionales y con poco tráfico vehicular, lo que

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

facilitaría cualquier tipo de evacuación y desplazamiento, además de que, luego de pasada la inundación, esta podría continuar funcional aunque de manera limitada hasta realizar la limpieza de lodo y escombros.

Modelo de Evacuación

Dentro del área de cobertura de cada edificio considerado como punto de seguridad, se obtuvieron datos de accesibilidad expresados en porcentaje, tiempos de movilización y rutas óptimas desde cada uno de los puntos de evacuación hacia el punto de seguridad identificado, (Figura 5.85).

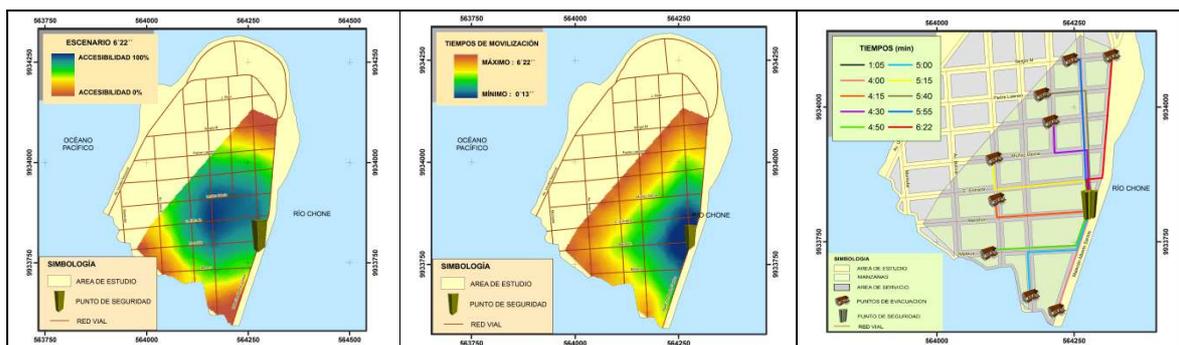


Figura 5.85 Modelo de evacuación vertical para Edificio Akuaba.

A partir de este modelo se identificaron las zonas en donde existe dificultad para trasladarse de un lugar a otro, (impedancia), mediante los valores de accesibilidad que resultaron de la interpolación de los tiempos de movilización (muchos a muchos); posteriormente, se delimitaron las zonas donde los tiempos de movilización, que resultaron de la interpolación de los tiempos de movilización (muchos a uno), son altos desde las viviendas hasta el punto de seguridad, para, finalmente, encontrar las rutas óptimas (no necesariamente las más cortas), desde todos los puntos de evacuación (puerta principal de cada vivienda) hasta el punto de seguridad, que en este caso, corresponde al Edificio Akuaba.

6.2 CONCLUSIONES

- Para los fines de esta investigación se consideró el peor escenario a ocurrir, a fin de incorporar variables que incluyan las condiciones más desfavorables que puedan presentarse, para tener un mayor margen de seguridad que permita salvar la mayor cantidad de vidas humanas.
- Para delimitar las áreas de evacuación vertical en cada ciudad, se utilizaron los tiempos calculados en estudios anteriores (Espinoza J. 1990), para la llegada de la primera ola del tsunami, en las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez.
- La zonas de evacuación vertical de Salinas y Bahía de Caráquez, poseen una alta densidad de edificios con alturas mayores a 4 pisos, y un porcentaje muy bajo de ellos está construido bajo normas sismo resistentes, además que la proximidad entre ellos, en caso de ocurrencia de un sismo, elevaría el grado de afectación a los mismos.
- La información obtenida a partir de la tabulación de datos de la matriz de vulnerabilidad permitió identificar las susceptibilidades en el área de estudio, a través de los diversos valores de las vulnerabilidades parciales y totales.
- El análisis de vulnerabilidad realizado en las áreas de estudio correspondientes a las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez, dio como resultado para la población de Salinas una vulnerabilidad media – alta; para Bahía de Caráquez la vulnerabilidad es media – baja para misma amenaza, (inundación por tsunami).

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

- Las áreas de cobertura de evacuación (ACE), de cada punto de seguridad, conjuntamente con el índice de densidad poblacional, nos permiten conocer el número de personas que podrían ser evacuadas a cada edificio; en algunos casos, los edificios presentan espacios insuficientes para albergar a todas las personas.
- De acuerdo a los mapas de accesibilidad y tiempos de movilización obtenidos para ambas ciudades, quienes habitan en las áreas más cercanas a los puntos de seguridad tienen más probabilidad de alcanzar los puntos de seguridad considerando los factores tiempo, impedancia y accesibilidad (dependiendo de las condiciones de la red vial).
- Con los modelos y coberturas obtenidos para las dos ciudades, se puede obtener la ruta y tiempos óptimos desde cualquier lugar dentro del área de cobertura de evacuación (ACE) hacia el punto de seguridad.
- La vulnerabilidad por servicios básicos tiene un valor alto (80%), en las dos ciudades, lo que se explica debido a que, la población, en su mayoría, cuenta con los servicios básicos completos, funcionales y en buen estado; cualquier interrupción de estos servicios implica una complicación o cambio en el modo de vida de los habitantes.
- La vulnerabilidad socioeconómica es de categoría media (60%) en ambas ciudades ya que, del total de los habitantes de las zonas de estudio, la mayoría, pertenecen al estrato social medio.
- Las características estructurales de las dos ciudades son muy similares, porque la zona de más alta plusvalía con edificios sismo resistentes y con

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

materiales de construcción de primera calidad, está circunscrita al malecón; en tanto que al interior de las zonas de estudio las características estructurales predominantes son de carácter modesto, tanto desde el punto de vista de bienes muebles como en calidad de materiales de construcción. Por ello la vulnerabilidad para las dos ciudades en base a infraestructura es media (60%).

- La organización comunitaria y servicios comunales en las dos ciudades tienen un valor de vulnerabilidad baja (40%), debido a que se identificaron comités barriales con sus respectivos dirigentes, además de servicios comunales en buen estado, tales como canchas, parques, plazas, entre otros.
- Salinas y Bahía de Caráquez difieren en cuanto al valor de vulnerabilidad por percepción del riesgo. Salinas posee una vulnerabilidad baja (40%) ya que su población conoce el entorno y percibe los daños que podría ocasionar un potencial tsunami. En cambio Bahía de Caráquez tiene una vulnerabilidad alta (100%), debido a que la población que ocupa el área de estudio, en su gran mayoría, es flotante, por lo tanto, al no pertenecer al medio, no lo conocen ni tienen noción de lo que les podría ocurrir de presentarse un evento tipo tsunami.
- La vulnerabilidad por vías de comunicación en las dos ciudades alcanza un valor muy bajo (20%), debido a que la red vial está en condiciones óptimas.

6.3 RECOMENDACIONES

- El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), debería realizar un modelo matemático que arroje los tiempos de llegada de la primera ola de un tsunami,

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

a las costas de los puertos considerados estratégicos (Esmeraldas, Bahía de Caráquez, Manta) por consideraciones turísticas, económicas, entre otras, tomando en cuenta varios escenarios o localizaciones epicentrales de sismos tsunamigénicos.

- Es prioritario que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) realicen, a través de las instituciones de educación superior, análisis de aceleraciones sísmicas del suelo, actualicen su catastro con información de infraestructura sismo resistente y, a través de ordenanzas municipales, procurar que las nuevas edificaciones consideren en sus diseños parámetros de sismo resistencia.
- Para futuros proyectos complementarios o relacionados con este estudio, es de primordial importancia que se realice un detallado análisis de campo, ya que los datos obtenidos son de fuente primaria y permiten calibrar adecuadamente los resultados de modelos matemáticos obtenidos en el laboratorio.
- Es recomendable representar espacialmente cada componente del riesgo, y utilizar la estrella de vulnerabilidad para reflejar gráficamente los resultados estadísticos e identificar de manera fácil y directa las vulnerabilidades que se deben reducir y su ubicación en una determinada zona.
- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) de ambas ciudades, a través de ordenanzas municipales, deberían exigir, incorporar en planos y diseños, modificaciones en los emplazamientos, escaleras y accesos inferiores de los edificios a construirse, e igualmente, exigir modificaciones en

CAPITULO VI: RESULTADOS GENERALES

los edificios existentes a fin de mejorar los accesos a los mismos y a los pisos superiores y terrazas.

- Se recomienda que la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos a través de las unidades de riesgo que funcionan en los GAD's, ejecuten realmente ejercicios de evacuación vertical, considerando los resultados obtenidos en esta investigación, a fin de calibrar los modelos y optimizar la respuesta de la población en riesgo.
- Se recomienda que la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos a través de las instituciones de educación superior, realizar estudios de esta índole utilizando escalas de detalle, de preferencia a nivel catastral, con la finalidad de que en un solo mapa se puedan representar las rutas de evacuación óptimas conjuntamente con su valor de movilización y accesibilidad.
- El Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, a través de la ESPE, socialicen este estudio en las ciudades de Salinas y Bahía de Caráquez, a través de las capitanías de puerto y de las unidades gestión de riesgo que funcionan en los GAD's, para disminuir las vulnerabilidades detectadas y optimizar las capacidades de respuesta y atención de la población y entidades de socorro, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvear, J. Accesibilidad y Modelo de Evacuación para Salinas y Bahía de Caráquez. Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador, 2010.
- Alvaro, S. Conceptos Sobre Riesgo, Comisión Nacional de Actividades Espaciales. Argentina, 2008.
- Salazar O; Luis C; Luis M. Gestión Comunitaria de Riesgos, Manual No. 2. Perú, 2002.
- Wilches – Chaux, G. Desastres, Ecologismo y Formación Profesional: Herramientas para la Crisis. Servicio Nacional de Aprendizaje. Colombia, 1989.
- INGEOMINAS. Memoria Explicativa del Mapa de Zonificación Geotécnica por Licuación del Área Urbana del Municipio de Tumaco y sus Zonas Aledañas. Colombia, 2003.
- EPN, UNESCO. Terremoto de Bahía de Caráquez Lecciones por Aprender. Ecuador, 1998.
- PNUD. Propuesta Metodológica de Análisis de Vulnerabilidades. Ecuador, 2012.
- FEMA. Guía para el Diseño de Estructuras para Evacuación Vertical. Estados Unidos, 2008.
- Padilla, O. Análisis y Representación de Tiempos de Evacuación en el Valle de Los Chillos frente a una Eventual Erupción del Volcán Cotopaxi. Ecuador, 2006.
- Maskrey A. (Compilador). Los Desastres No son Naturales. La Red, 1993.
- Fernández, A. (Compiladora). Ciudades en Riesgo, Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres. La Red, 1996.
- Lavell, A. (Compilador). Viviendo en Riesgo, Comunidades Vulnerables y Prevención de Desastres en América Latina. La Red, 1997.
- Wilches – Chaux, G. Auge, Caída y Levantada de Felipe Pinillo, Mecánico y Soldador o Yo voy a Correr el Riesgo. La Red, 1998.

SITIOS WEB

- <http://www.cco.gov.co/tsunami1.htm>. Consultado el 27 febrero 2011.
- <http://es.scribd.com/doc/92800061/LibroOceano>. Consultado el 24 junio 2011.
- <http://www.cco.gov.co/tsunami.html>. Consultado el 10 Julio 2011.
- <http://www.snet.gob.sv/Riesgo/GuiaMetodologica>. Consultado el 27 Agosto 2001.
- <http://es.scribd.com/doc/20745506/Maremoto>. Consultado el 1 septiembre 2011.
- <http://www.redalyc.org/redalyc/pdf/417/41702304.pdf>. Consultado el 3 diciembre 2011.
- <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww>. Consultado el 25 febrero 2012.
- http://webapp.ciat.cgiar.org/access/pdf/ciat_access_es. Consultado el 14 de Abril 2012.

ANEXOS

ANEXO A1

**MAPA DE DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE
ESTUDIO DE SALINAS**

ANEXO A2

**MAPA DE DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE
ESTUDIO DE BAHÍA DE CARÁQUEZ**

ANEXO A3

INVENTARIO DE EDIFICACIONES DE SALINAS

ANEXO A4

**INVENTARIO DE EDIFICACIONES DE
BAHÍA DE CARÁQUEZ**

ANEXO A5

**MAPA DE SISMO RESISTENCIA DE
SALINAS**

ANEXO A6

**MAPA DE SISMO RESISTENCIA DE BAHÍA
DE CARÁQUEZ**

ANEXO A7

**MAPA DE PUNTOS DE SEGURIDAD DE
SALINAS**

ANEXO A8

**MAPA DE PUNTOS DE SEGURIDAD DE
BAHÍA DE CARÁQUEZ**

ANEXO B9

MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE SALINAS

ANEXO B10

**MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE BAHÍA
DE CARÁQUEZ**

ANEXOS B11-B16

**MAPAS DE TIPOS DE VULNERABILIDAD
DE SALINAS**

ANEXOS B17-B22

**MAPAS DE TIPOS DE VULNERABILIDAD
DE BAHÍA DE CARÁQUEZ**

ANEXO B23

**MAPA DE VULNERABILIDAD TOTAL DE
SALINAS**

ANEXO B24

**MAPA DE VULNERABILIDAD TOTAL DE
BAHÍA DE CARÁQUEZ**

ANEXO B25

**ESTRELLA DE VULNERABILIDAD TOTAL
PARA SALINAS**

ANEXO B26

**ESTRELLA DE VULNERABILIDAD TOTAL
PARA BAHÍA DE CARÁQUEZ**

ANEXOS C27 Y C28

**MAPAS DE ÁREAS DE COBERTURA DE
EVACUACIÓN DE SALINAS**

ANEXO C29

**MAPA DE ÁREAS DE COBERTURA DE
EVACUACIÓN DE BAHÍA DE CARÁQUEZ**

ANEXOS C30 Y C31

MAPAS DE ACCESIBILIDAD DE SALINAS

ANEXO C32

**MAPA DE ACCESIBILIDAD DE BAHÍA DE
CARÁQUEZ**

ANEXOS C33 Y C34

MAPAS DE MOVILIZACIÓN DE SALINAS

ANEXO C35

**MAPA DE MOVILIZACIÓN DE BAHÍA DE
CARÁQUEZ**