



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE POSGRADO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO MAGÍSTER
EN GESTIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES**

**TEMA
“ESTIMACIÓN DE DAÑOS A EDIFICACIONES Y
POBLACIÓN EN LA CIUDAD DE SALINAS
CAUSADOS POR UN TSUNAMI”**

**AUTORA
OCE. VERA SAN MARTÍN TERESA JACQUELINE, MSC.**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL
ING. RODRÍGUEZ ROSADO GARY ULISES, MGTR.**

**2016
GUAYAQUIL – ECUADOR**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación Especial me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”.

Oce. Teresa Jacqueline Vera San Martín, MSc.

C.C. 0911083020

AGRADECIMIENTO

A mi familia y esposo, quienes me apoyan siempre en cada emprendimiento de mi vida, a Dios y la Virgen que son siempre mi refugio y fuente de inspiración y fortaleza, y a todos mis maestros en este proceso quienes me guiaron y contribuyeron con sus opiniones a mejorar este trabajo.

DEDICATORIA

Dedicado a la memoria de mi padre quien siempre nos procuró y legó lo mejor de sí, a la vida pródiga de amor y entrega de mi madre, quien nos impulsa y apoya incondicionalmente, a mi esposo y mi familia toda, que alegran y completan este breve viaje por el que transitamos.

ÍNDICE GENERAL

N°	Descripción	Pág.
	INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

N°	Descripción	Pág.
1.1	Teorías generales	6
1.2	Teorías sustantivas	7
1.3	Referentes Empíricos	10
1.4	Marco Legal	11

CAPÍTULO II MARCO METODOLÓGICO

N°	Descripción	Pág.
2.1	Metodología	13
2.2	Métodos	13
2.2.1	Selección y descripción del escenario de afectación por tsunami	13
2.2.2	Selección de las Funciones de Fragilidad (FF)	15
2.2.3	Determinación de vulnerabilidad combinando factores	17
2.3	Premisas o Hipótesis	20
2.4	CDIU – Operacionalización de variables	21
2.5	Gestión de datos	22
2.6	Universo y muestra	23
2.7	Criterios éticos de la investigación	23

CAPÍTULO III RESULTADOS

N°	Descripción	Pág.
3.1	Descripción del área de estudio	24
3.1.1	Ubicación geográfica	24
3.1.2	Población y vivienda	25
3.1.3	Turismo	29
3.1.4	Configuración urbana del territorio	30
3.1.5	Condiciones oceanográficas	31
3.2	Presentación y análisis de resultados	31
3.2.1	Población flotante	34
3.2.2	Vulnerabilidad de edificaciones	35
3.2.3	Vulnerabilidad de edificaciones usando un Índice	36

CAPÍTULO IV DISCUSIÓN

N°	Descripción	Pág.
4.1	Contrastación de resultados	37
4.2	Limitaciones	40
4.3	Líneas de investigación	42

CAPÍTULO V PROPUESTA

N°	Descripción	Pág.
5	Propuesta	43

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

N°	Descripción	Pág.
6.1	Conclusiones	45
6.2	Recomendaciones	45
	ABREVIATURAS	48
	ANEXOS	49
	BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1	Características del plano de falla y del sismo del escenario seleccionado	14
2	Variables y dimensiones para estimación de la vulnerabilidad	21
3	Distribución de la población en el área de estudio	26
4	Cifras anuales de turismo hacia salinas según MINTUR	30
5	Estimación de población visitante (flotante)	34
6	Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones	36
7	Estimación de población total afectada mediante FF	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

N°	Descripción	Pág.
1	Mapa de inundación de las áreas urbanas de Salinas	15
2	Características de las funciones de fragilidad	16
3	Representación de las edificaciones con objetos punto	19
4	Área de estudio	25
5	Densidad poblacional de la parroquia Salinas	26
6	Distribución etaria y por género en la parroquia Salinas	27
7	Características de las edificaciones en el área de estudio	28
8	Edificaciones en el área de estudio	32
9	Localización de la población afectada estimada	33
10	Localización de personas discapacitadas afectadas	33
11	Estimado de edificaciones afectadas en la parroquia Salinas por sectores censales	35
12	Representación de la vulnerabilidad de las edificaciones evaluadas por combinación de factores	36
13	Resultado de consulta a la base de datos	38

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Descripción	Pág.
1	Funciones de fragilidad aplicadas en el análisis	50
2	Esquema de cálculo de valores máximos y promedio de profundidad de inundación para cada unidad de análisis	52
3	Tabla de atributos de las edificaciones	54
4	Cuadro de factores usados por varios autores en estudios previos sobre vulnerabilidad de edificaciones	55
5	Variables, clases y ponderación para estimación de la vulnerabilidad de edificaciones	58
6	Matriz de Saaty para obtención de factores por su importancia	60
7	Calificación del estado de las edificaciones en el área de estudio según datos censo inec 2010	61
8	Estimaciones de daños a población usando funciones de fragilidad en amanzanados censales	62
9	Estimaciones de daños en edificaciones usando funciones de fragilidad en sectores censales	71
10	Estimaciones de daños en edificaciones usando funciones de fragilidad en sectores censales	76

AUTORA: OCE. VERA SAN MARTÍN TERESA JACQUELINE, MSC.
TEMA: ESTIMACIÓN DE DAÑOS A EDIFICACIONES Y POBLACIÓN EN LA CIUDAD DE SALINAS CAUSADOS POR UN TSUNAMI
DIRECTOR: ING. IND. RODRÍGUEZ ROSADO GARY ULISES, MGTR.

RESUMEN

Con el antecedente del alto riesgo sísmico en que se encuentra ubicada el área de estudio, se planteó como objetivo determinar los daños probables a edificaciones y población en la ciudad de Salinas causados por un tsunami para un escenario extremo empleando metodologías aplicadas en escenarios de impacto similares. Dos metodologías se probaron, las funciones de fragilidad (FF), las que son funciones estocásticas empíricas que relacionan la medida de intensidad del tsunami (MIT) con la probabilidad de alcanzar un nivel de daño estimado, siendo para el caso aplicado la MIT la profundidad de inundación causada por el tsunami, ante la ausencia de datos para desarrollar curvas locales se usaron FF desarrolladas para otra localidad semejante, con ellas se estimó afectación a población y edificaciones. La segunda metodología para estimación de vulnerabilidad de los edificios consistió en construir una relación de vulnerabilidad mediante combinación lineal de factores correspondientes a características de las edificaciones, a los cuales se les dio un peso y cuyas subclases fueron también valoradas con una escala numérica, con la relación se evaluó la vulnerabilidad individual de las edificaciones, las cuales fueron previamente organizadas en una base de datos geográfica junto con los atributos. En el escenario analizado, según las FF y datos de turismo, la población afectada alcanzaría 60000 personas y las viviendas afectadas serían 2237. Según el segundo método hay 3433 edificaciones con vulnerabilidades de media a alta. Los resultados fueron los esperados pero tienen carácter preliminar ya que deben superarse las varias limitaciones identificadas.

PALABRAS CLAVES: Estimación, Daños, Edificaciones, Población, Tsunami.

INTRODUCCIÓN

La gestión de riesgos es un campo de estudio cuya transversalidad es indiscutible, toda actividad humana tiene implícito un nivel de riesgo, es así que uno de los predicamentos de la gestión de riesgos es que no existe un nivel de riesgo "0". También es una actividad que aborda etapas como prevención, mitigación, preparación y respuesta a las emergencias, recuperación, rehabilitación y reconstrucción. El objetivo macro de la gestión de riesgos es minimizar los impactos a las personas, bienes, funcionalidades y ambiente, a través del reconocimiento de las amenazas, vulnerabilidades y capacidades de los elementos expuestos.

Los tsunamis, amenaza de origen natural, son eventos catastróficos de baja frecuencia en el tiempo pero de enorme impacto, traducido principalmente en pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños materiales. El más grande evento registrado de este tipo es el tsunami del Océano Índico del año 2004, cuyo sismo generador alcanzó una magnitud de 9.1 (Chlieh et al., 2007) y afectó 11 países (Suppasri, Koshimura, Matsuoka, Gokon, & Kamthonkiat, 2012). Fue el más devastador en términos de pérdidas humanas causando casi 250.000 muertes a lo largo de las costas en el área de influencia.

Los tsunamis se generan a partir de perturbaciones en el piso oceánico causadas por sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos y hasta caída de meteoritos, sin embargo de entre estas, la causa principal de los tsunamis registrados han sido los sismos. Los sismos a lo largo y ancho del mundo debido al movimiento de las placas tectónicas se concentran en sus límites, representado esto un alto riesgo para las localidades adyacentes. El "Cinturón de Fuego del Pacífico", que

constituye el borde de placas de la corteza sobre las que subyace el Océano Pacífico es zona altamente sísmica.

El Ecuador se encuentra formando parte de la placa Sudamericana, la que limita al oeste con la placa de Nazca, el límite entre estas dos placas es de tipo convergente, produciéndose en él lo que se denomina el fenómeno de subducción, consistente en el hundimiento de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, es este proceso precisamente el que tiene el potencial de causar terremotos por movimientos abruptos de una placa respecto a la otra al liberarse el estrés acumulado.

Delimitación del problema

Al estar el Ecuador continental próximo a la fosa oceánica que constituye el límite de placas, presenta una gran propensión a sufrir sismos y consecuentes tsunamis relacionados con eventos en la zona de subducción. Sismos registrados en esa zona ocurrieron en 1906, 1933, 1942, 1953, 1958, 1979, 1998, 2016, algunos de los cuales causaron tsunamis (Espinoza, 1992; Cruz, Acosta, & Vásquez, 2005).

Toda zona poblada expuesta a la amenaza de tsunami debe contar con su plan de contingencia a esta emergencia, esto incluye mecanismos de alerta temprana, planes de evacuación de las zonas de inundación por tsunami hacia zonas seguras, identificación de rutas y estimación tiempos de evacuación hacia los sitios seguros, programas de capacitación continua de toda la población, y para diseñar estos mecanismos de gestión con efectividad y eficiencia se necesita una estimación inicial del escenario de impacto.

El problema central identificado es la gran vulnerabilidad ante tsunamis en la costa ecuatoriana y entre las causas directas de éste están la alta probabilidad de ocurrencia de tsunamis por el silencio sísmico

espacial y temporal en la zona, la inserción limitada de la gestión del riesgo en todas las dimensiones del desarrollo de la zona y la ausencia de metodología oficial que permita medir la vulnerabilidad en escenarios de impacto; se identificaron entre las consecuencias del problema medular un probable alto impacto por tsunamis en la población y viviendas, exacerbado por el crecimiento demográfico y turístico y un uso ineficiente y poco efectivo de recursos para la Gestión de Riesgos debido a la limitada existencia de evaluaciones de la componente vulnerabilidad.

Formulación del problema

El riesgo alto de tsunamis en las costas ecuatorianas es real y también la consecuente probabilidad de daños en personas, viviendas, infraestructura y ambiente. En general la vulnerabilidad, componente del riesgo, se considera también alta al relacionarla con la susceptibilidad ante daños. Salinas como una de las poblaciones localizadas en el filo costero enfrenta esta situación de riesgo, razón por la que se plantea realizar la estimación de los daños que un posible tsunami tendría el potencial de causar, con el fin de que los resultados sirvan como insumo para estructurar planes de contingencia que optimicen el uso de recursos y viabilicen la toma de medidas de prevención que permitan reducir esos posibles impactos en vidas y bienes.

Justificación

El trabajo investigativo de estimar los daños a edificaciones y la población afectada en la ciudad de Salinas ocasionados por un Tsunami, es muy importante y trascendental, tomando en cuenta que en las últimas décadas, se han generado en el territorio ecuatoriano una serie de fenómenos de origen natural de considerable magnitud y extensión, en ocasiones de carácter destructivo, que han causado desequilibrios

socioeconómicos y ambientales, cuyas consecuencias se han mantenido a largo plazo.

De acuerdo al problema planteado y las posibles pérdidas humanas, materiales, pesqueras, económicas en Salinas urbano y tomando en cuenta la importancia que tiene la gestión de riesgos, se ha determinado que la investigación es pertinente, toda vez que busca estrategias de solución que ayuden a sus autoridades a la toma de decisiones coherentes y eficientes en momentos que se presenten un evento adverso.

Objeto de estudio y Campo de acción

El objeto de estudio es la Gestión de Riesgos frente a desastres en la costa ecuatoriana y el campo de acción del trabajo es la Identificación y caracterización de la amenaza tsunami y del escenario de impacto que podría causar.

Mientras la evaluación de daños causados por los tsunamis es una tarea generalmente realizada post desastre, la estimación de daños probables es parte de la fase de prevención y minimización de la Gestión de riesgos como un todo, que se lleva a cabo como preparación para manejar estos eventos con base en información probabilística.

Objetivo general

Determinar los daños probables causados por un tsunami a edificaciones y población en la ciudad de Salinas para un escenario extremo de impacto empleando Funciones de Fragilidad y un Índice de vulnerabilidad como insumo necesario para el diseño y planificación de planes de contingencia y medidas de prevención.

Objetivos específicos

- Caracterizar el escenario extremo de afectación, las edificaciones y la población en la zona de estudio.
- Estimar los daños en edificios y población en el escenario seleccionado empleando Funciones de Fragilidad y la vulnerabilidad de edificaciones mediante un Índice.

Con este trabajo se busca aplicar metodologías que han sido usadas en otras localidades expuestas a la amenaza de tsunamis para evaluar en una primera aproximación la pertinencia de su utilidad en términos de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Teorías generales

El nivel de daño que puede causar un tsunami depende a priori de la magnitud del fenómeno, de la vulnerabilidad de infraestructura y población y del nivel de preparación de las zonas expuestas e impactadas. Leone, Lavigne, Paris, Denain, y Vinet, (2011) califican a los tsunamis como un fenómeno hidráulico que en tierra presenta siete mecanismos hidrodinámicos capaces de provocar impactos, estos son, impacto lateral y vertical, presión lateral y vertical continua, acumulación, erosión e inundación permanente, los que son función de la velocidad y profundidad del flujo y de la carga de escombros de éste.

Papathoma, Dominey-Howes, Zong, y Smith, (2003) y Papathoma y Dominey-Howes, (2003) plantean un método de evaluación de vulnerabilidad a tsunamis (PTVAM) con la premisa de que la vulnerabilidad es un constructo complejo donde interactúan varios factores, es heterogénea espacial y temporalmente, y se relaciona a múltiples factores. Dominey-Howes y Papathoma, (2007), validaron el modelo en su versión 2.

Omira et al.(2009), proponen una metodología para evaluar vulnerabilidad de edificaciones considerando las condiciones de la edificación, la zona de inundación (profundidad de inundación) y la presencia de barreras de protección. A estos factores se les da ponderaciones en función de la factibilidad de las medidas de reducción que puedan tomarse.

Para la evaluación de daños causados por tsunamis se usan también las denominadas curvas o funciones de fragilidad (FF), las que generalmente se basan en datos de daños reales causados por un tsunami en infraestructuras y población, para relacionar esta información con las características hidrodinámicas del flujo y desarrollar funciones que permitan inferir niveles de daños. Se han elaborado FF para Tailandia, Indonesia, Sri Lanka, Japón, Chile y otros lugares.

Leelawat, Suppasri, Charvet e Imamura (2014) realizaron un análisis cuantitativo de los factores que influyen en el daño a edificios considerando los datos del tsunami de Japón 2011, usando regresión ordinal para modelar la relación entre factores o predictores y el nivel de daño resultante o respuesta, hallaron a la profundidad de inundación, el material estructural y la funcionalidad de las edificaciones como variables explicatorias significativas del nivel de daño. Graf, Lee, y Eguchi (2014) proponen estimar probabilidad de daños por tsunami incorporando, a los efectos de la profundidad, la velocidad y los escombros del flujo, el daño ocasionado por el sismo que genere el tsunami.

Macabuag, Lloyd y Rossetto (2014) proponen un método para derivar FF mediante análisis estructural. Señalan que las FF relacionan el daño estructural, medido por medio de un parámetro de demanda ingenieril –EDP por sus siglas en inglés- y una medida de la intensidad del tsunami (IM) y plantean un método de análisis estructural iterativo para generarlas. En opinión de los autores las FF son específicas para un tipo particular de edificación y localización y hay una gran incertidumbre en la determinación espacial y temporal y en las magnitudes de las cargas que supone un tsunami sobre los edificios.

1.2 Teorías sustantivas

Las funciones de fragilidad se utilizan en el campo de la ingeniería

de estructuras para determinar el desempeño de estructuras bajo determinado esfuerzo, es decir ayudan a determinar la probabilidad del porcentaje de daño en términos de un desplazamiento o deriva, constituyen así una manera de medir la vulnerabilidad en función de probabilidades (Quizanga, 2006). Este autor cita cuatro métodos para generar FF, estos son observaciones de campo, opinión de expertos, métodos experimentales (en laboratorio) y métodos analíticos (análisis numérico). Bobadilla (2005) señala que estas curvas relacionan la intensidad sísmica con la pérdida esperada en un elemento expuesto.

Koshimura, Namegaya y Yanagisawa (2009) propusieron una aproximación estadística que considera la teoría de las FF para la evaluación de daños en edificaciones causados por sismos aplicados al caso de tsunamis. El mismo autor definió las funciones de fragilidad (o curvas de fragilidad) como: “La fragilidad por tsunami es definida como la probabilidad de daño o tasa de fatalidad relacionadas con las características hidrodinámicas del flujo de inundación del tsunami, tales como profundidad de inundación, velocidad del flujo y la fuerza hidrodinámica”.

Las FF para tsunamis pueden desarrollarse de datos de daños en estructuras obtenidas de levantamientos de campo post tsunami y de análisis de imágenes satelitales; la exactitud es mayor con la primera fuente no obstante la ventaja con la segunda es la rapidez en la obtención y el análisis de cantidades grandes de datos (Suppasri, Koshimura, & Imamura, 2010). Para lugares en riesgo donde no existen datos de daños por tsunami se pueden elaborar a partir de análisis estructurales en laboratorio. Así a partir de la correlación entre los datos de daños en edificaciones/población afectada y las características del flujo, herramientas estadísticas de regresión y las funciones de densidad de probabilidad normal o lognormal, se construyen las curvas de fragilidad para tsunamis.

Alternativamente autores citados previamente (Papathoma et al, 2003; Omira et al., 2009) propusieron herramientas para evaluar la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tsunamis incluyendo factores como la presencia de barreras de protección, distancia de la costa, profundidad de la inundación, estándares y diseño de construcción, condiciones de edificación, presencia de objetos movibles, actividades de preparación, niveles socioeconómicos, densidad de población, nivel de percepción y comprensión del peligro, disponibilidad de avisos y capacidad para alejarse de las zonas de inundación.

En relación a los escenarios de inundación causados por tsunamis, se generan a partir de los resultados de simulaciones numéricas que modelan el fenómeno tsunami desde su generación, durante su propagación hasta la inundación de las zonas costeras, basándose en algoritmos matemáticos que incorporan principios hidrodinámicos. Para realizar esto existen alternativas como el MOST, TUNAMI, COMCOT, NEOWAVE, Funwave, que son programas computacionales que permiten obtener resultados estimando variables como alturas y tiempos de llegada de olas, Runup, áreas de inundación, principalmente.

En este trabajo se emplea un mapa de inundación para el área de Salinas obtenido por Arreaga y Koshimura (2015) quienes usaron el programa TUNAMI, desarrollado por el professor Fumihiko Imamura en los 90' en el marco del proyecto TIME; el programa fue codificado en lenguaje FORTRAN y más tarde fue modificado por Koshimura, S. para usarlo en evaluación y estimación de daños.

El modelo TUNAMI se basa en la teoría lineal en aguas profundas y la teoría de aguas someras en aguas superficiales, las ecuaciones básicas son las de conservación de momentum, la de continuidad y las de Okada (1985) para estimar la deformación del fondo; el esquema computacional usa grillas de resolución espacial variable que van de la

región de generación hasta la de interés, con batimetría de menor a mayor detalle y discretización de las ecuaciones por diferencias finitas usando el esquema del “salto de rana” para los cálculos en las grillas.

1.3 Referentes empíricos

En el campo de los tsunamis las FF han sido elaboradas principalmente con una aproximación empírica usando observaciones de campo, experimentos de laboratorio y simulaciones numéricas (Wiebe & Cox, 2013). No obstante su naturaleza, la herramienta ha sido usada frecuentemente con resultados satisfactorios sobre todo en localidades en donde se cuenta con datos sobre los niveles de daño causados por tsunamis.

Estudios como los de Suppasri et al. (2012, 2010), Murao y Nakazato (2013), Reese et al.(2011), Leone et al.(2011), Mas et al.(2012), entre otros, desarrollan FF para sus casos de estudio respectivos. Graf et al.(2014), desarrollan FF para elementos estructurales a través de juicio de expertos basado en daños observados en tsunamis como los del Océano Índico (2004), Chile (2010) y Japón (2011). Macabuag et al.(2014) desarrollaron una aproximación para generar FF analíticas, validaron su modelo con las curvas del gran terremoto del 2011 de Japón, e identificaron factores que deberían ser incorporados en los modelos empleados para estos análisis, así se mencionan permeabilidad de las edificaciones, protección en la dirección del mar, orientación, duración de la inmersión, número total de olas, probabilidad de impacto de escombros y nivel del sismo precedente.

Entre las ventajas de usar FF está que permiten estimar niveles de daños por tsunamis en casos de ausencia de datos, como el caso al que se aplica. Son una herramienta valiosa en la planificación de la respuesta a emergencias, en la planificación del uso del suelo, en la generación y

revisión de códigos de construcción, en la estimación de costos de seguros y para consideraciones en nuevos diseños estructurales o emprendimientos.

1.4 Marco Legal

En Ecuador con la emisión en el año 2008 de una Constitución revisada, reformada y actualizada, se estableció la responsabilidad de la Gestión del Riesgo en el Estado, el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (SNDGR), quienes lo integran y se determinó que el Estado ejercerá la rectoría de dicho Sistema a través de un ente técnico coordinador, la Secretaría de Gestión de Riesgos. Esta inclusión de la temática de la gestión de riesgos se aborda en otros cuerpos legales que permiten establecer los campos de acción y el alcance de las responsabilidades y atribuciones de las distintas instituciones del Estado relacionadas con la gestión de riesgos. Los siguientes son los principales documentos legales que se consultan en cuanto a gestión de riesgos en el país:

- Constitución 2008, artículos 389 y 390.
- Convenios y tratados internacionales (Marco de SENDAI, CAPRADE, UNASUR).
- Ley de Seguridad Pública y del Estado y su Reglamento.
- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública.
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).
- Código de Planificación y Finanzas Públicas.
- Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).
- Manual del Comité de Gestión de Riesgos (CGR/COE).

El Marco de Sendai para la reducción de Riesgos y Desastres 2015-2030, sucesor del Marco de Acción de Hyogo, enfatiza la gestión del riesgo de desastre en lugar de la simple y llana gestión del desastre.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 Metodología

Se realizará una estimación de daños en edificaciones y población causados por un tsunami en un escenario considerado uno de “los peores”, empleando dos métodos:

1. Se usarán funciones de fragilidad (curvas de fragilidad), para estimar la probabilidad de daños provocados por un tsunami a partir de la profundidad de inundación.
2. Se aplicará una adaptación de las metodologías revisadas para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante el impacto de un tsunami, la cual considera características estructurales, de diseño, de localización y ambientales.

2.2 Métodos

2.2.1 Selección y descripción del escenario de afectación por tsunami

Se seleccionó uno de los dos escenarios hipotéticos de inundación generados por Arreaga y Koshimura (2015) quien en su tesis de “Modelado de inundación por tsunamis y mapeo de peligro de la costa sur del Ecuador” realizó la simulación de la generación y propagación de tsunamis para varios escenarios sísmicos en la costa sur del Ecuador, utilizando el programa TUNAMI N2. El peor escenario se seleccionó con el criterio de ser el que causa mayor extensión y magnitud de inundación.

El foco generador del tsunami se localiza aproximadamente a 100 km al suroeste de Salinas, en una zona próxima a la fosa oceánica Perú – Chile, asociada al límite de placas, cuya profundidad en ese sector está alrededor de los 2000 m; los parámetros de falla y del sismo generador aparecen en el Cuadro No 1. El tiempo de arribo de las olas para casos de tsunamis de origen cercano debe ser establecido en promedio entre 11 y 25 minutos para todos los escenarios creados y analizados (Departamento de Ciencias del Mar- Centro de Alerta de Tsunamis, 2011), según el modelo la primera ola de este tsunami arribaría a los 21 minutos después de ocurrido el sismo.

CUADRO N° 1
CARACTERÍSTICAS DEL PLANO DE FALLA Y DEL SISMO DEL
ESCENARIO SELECCIONADO

Parámetro	Valor	Localización del sismo de origen
Longitud	81.53° W	
Latitud	2.95° S	
Profundidad	4 km	
Desplazamiento	5 m	
Strike	10°	
Rake	90°	
Dip	6.5°	
Longitud plano de falla	150 km	
Ancho plano de falla	30 km	
Momento (Mo)	9.67E+20 J	
Magnitud de momento	8.0	

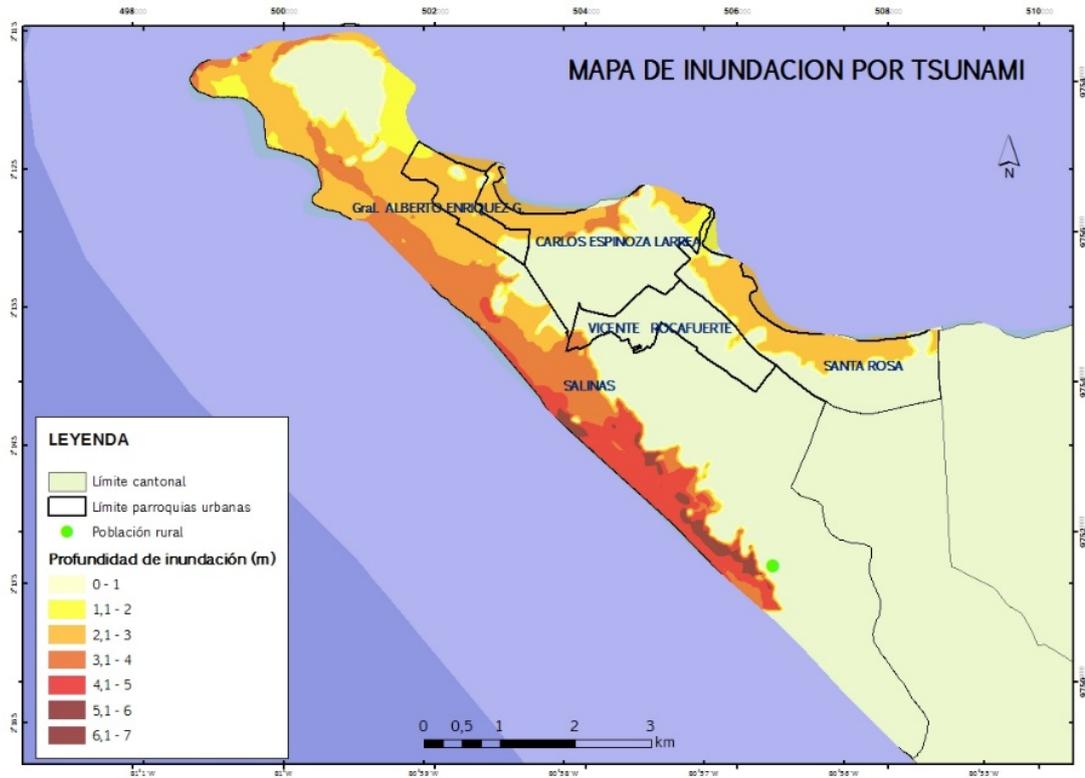
Fuente: Arreaga y Koshimura, 2015

Elaborado por: Oce. Vera San Martín, Teresa, MSc

El área de inundación cubre aproximadamente 14 km², la extensión de la inundación es casi total en la parte más estrecha de la Puntilla de Santa Elena con la excepción del sector del Mirador. La profundidad de inundación y altura máximas estimadas por el modelo son 6.49 m y 7.88 m respectivamente. En el Gráfico No. 1 se presenta el mapa de inundación de las áreas urbanas de Salinas seleccionado para el análisis subsiguiente.

GRÁFICO N° 1

MAPA DE INUNDACIÓN DE LAS ÁREAS URBANAS DE SALINAS



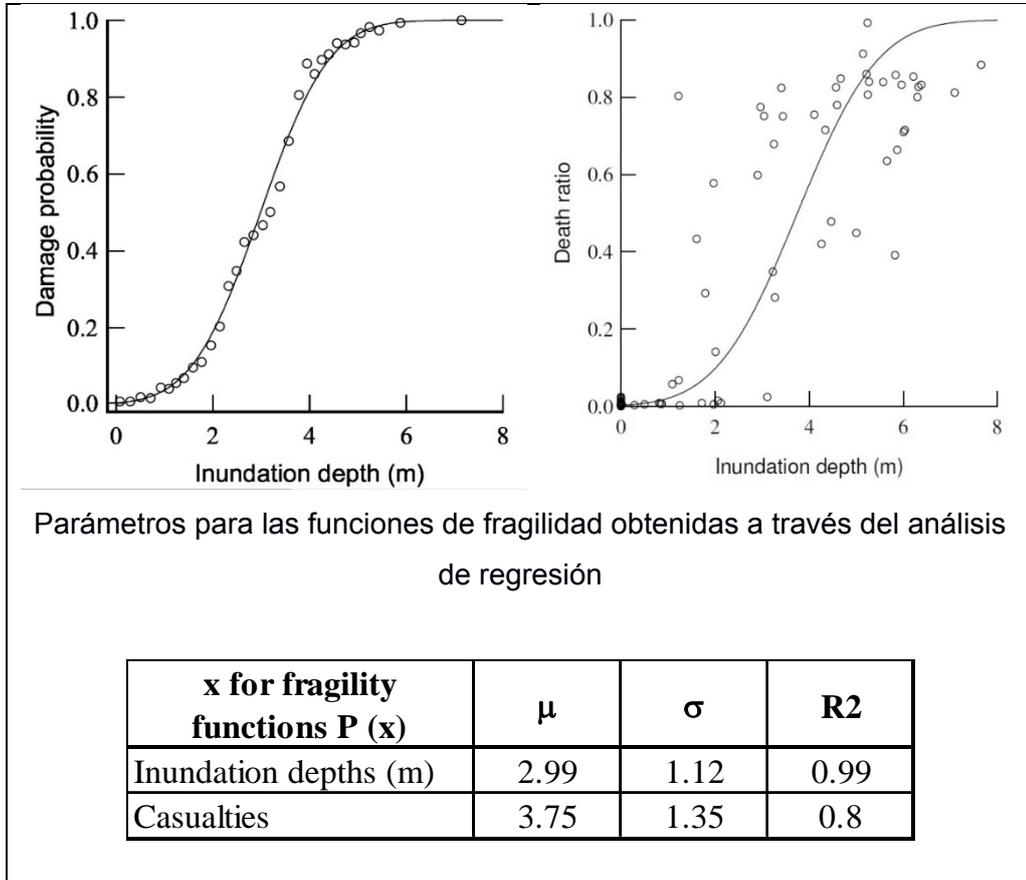
Fuente: Arreaga y Koshimura, 2015
 Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

2.2.2 Selección de las Funciones de Fragilidad (FF)

Al no existir FF para el área de estudio, son una alternativa disponible para el análisis. Como la autora realizó para Esmeraldas en el 2015, se propone utilizar las curvas generadas para Banda Aceh por Koshimura, Oie, Yanagisawa e Imamura, (2009) para la estimación de probabilidades de daño en población y edificaciones considerando que las características de las edificaciones son similares.

Dos parámetros que caracterizan a estas funciones son la media y la varianza, obtenidas de la regresión lineal logarítmica. En el Gráfico No 2 y en el Anexo 1 se presenta las curvas a aplicarse para el análisis.

GRÁFICO N° 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS FUNCIONES DE FRAGILIDAD



Fuente: Koshimura et al, 2009
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

Para estimar los daños probables usando estas FF se seguirán los pasos siguientes:

1. Determinar la profundidad de Inundación máxima y promedio en cada unidad de análisis, esto es, sector censal para el caso de edificaciones (unidad mínima de desagregación de la información) y manzanas para el caso de población. Las ecuaciones y representación de este paso aparecen en el Anexo 2.
2. Empleando la función de fragilidad, con el valor de profundidad de Inundación (eje X) obtener el correspondiente valor de probabilidad de daño (eje Y).

3. El valor de probabilidad de daño obtenido se multiplica por el número de edificaciones o personas que se encuentran en el sector censal y manzana respectivamente.
4. Se suma los resultados en el paso 3, obteniendo un estimado de las edificaciones y población afectada.
5. Los resultados se presentan en un mapa para mejor visualización de los resultados.

2.2.3 Determinación de vulnerabilidad combinando factores

Para la determinación de la vulnerabilidad de las edificaciones en la zona urbana de Salinas se realizó la revisión de estudios precedentes y las metodologías aplicadas. Se encontró de manera generalizada la certeza de la naturaleza compleja de la vulnerabilidad, al ser resultante de la combinación de numerosos factores que abarcan tanto aspectos físicos naturales y artificiales como los socioeconómicos y demográficos de las mismas estructuras y de su entorno. Esta complejidad aplica también para el caso de la vulnerabilidad de la población.

Se creó en un Sistema de Información Geográfico (SIG) una base de datos de objetos geográficos tipo punto, para representar a las edificaciones en la zona afectada del área de estudio, a través de digitalización en pantalla de imágenes disponibles en Google Earth y Google Street Map, las cuales cubren un rango de enero del 2004 a abril del 2016. En esta base se incluyeron como atributos de los objetos gráficos (las edificaciones), las características que servirían posteriormente para evaluar se vulnerabilidad.

La lista exhaustiva de las características consideradas para evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones, usadas previamente en estudios presentados por Papathoma y Dominey-Howes (2003), Dominey-Howes y Papathoma (2007), Dall'Oso et al.(2009), Dominey-

Howes, Dunbar, Varner, y Papathoma-Köhle (2010), Omira et al.(2009), Leelawat et al.(2014), entre otros comprende:

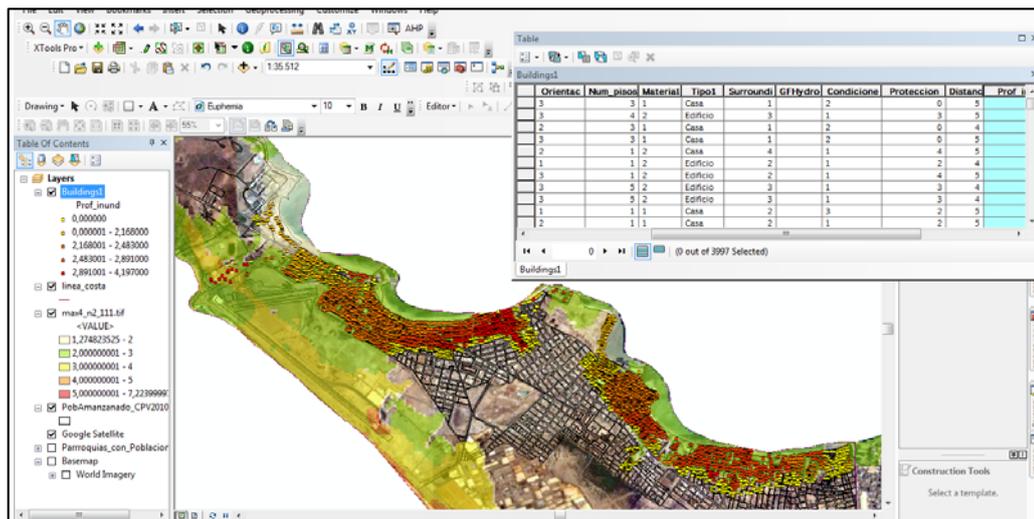
- El material y técnica de construcción.
- Número de pisos.
- Diseño de la planta baja (primer piso).
- Existencia de objetos movibles en la planta baja (primer piso).
- La orientación y forma de la estructura/edificación.
- La antigüedad y estado de la estructura.
- Las bases de la edificación.
- La presencia protectora de estructuras adyacentes.
- La existencia de barreras: tapias, muros, cerramientos, verjas, etc., alrededor.
- El uso/funcionalidad de la edificación.
- Cobertura del suelo (existencia de vegetación).
- La distancia a la línea de costa.
- La topografía costera.
- La existencia de estructuras de protección como rompeolas, muros de protección, etc.
- Ambiente marino adyacente (rango de mareas).
- Densidad de la población por temporadas o estacionales.
- Número de habitantes por edificación.
- Uso del suelo.
- Duración de la inundación
- Número de olas

De los 20 factores en la lista precedente, aquí se incluyeron solamente aquellos susceptibles de ser inferidos visualmente en imágenes, mediante el empleo de herramientas SIG y aquellos factibles de levantar “in situ” mediante visitas al lugar. Por medio de éstas se realizó el levantamiento a detalle de los atributos en algunos bloques y sectores seleccionados como representativos de las zonas urbanas y se

efectuaron recorridos para inspección visual rápida de toda la zona de estudio, esto permitió posteriormente generalizar la información específica recolectada a todos los bloques de interés (Dominey-Howes et al., 2010).

La tabla de edificaciones cubre las zonas urbanas dentro del área de Inundación, i.e., el área de estudio; esto resultó en 3997 puntos o registros de la base, una muestra del resultado obtenido se presenta en el Gráfico No 3. La estructura de la tabla de atributos se presenta en el Anexo 3.

GRÁFICO N° 3 REPRESENTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES CON OBJETOS PUNTO



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

Omira et al.(2009), incluyeron en su análisis el factor de estructuras de protección en la línea de costa, en Salinas existe un rompeolas a la altura del Yatch Club. La protección que brinde esta estructura en el caso de un tsunami depende de su forma y dimensiones y de la dirección de olas del tsunami. Por su altura, la cual no sobrepasa 1 msnm, no ofrecería una protección significativa en caso de un tsunami de mayores dimensiones y solo protege limitadamente de olas viniendo del cuadrante Noroeste.

Los factores considerados para la evaluación son Material, Número de pisos, Orientación, Condición, Protección, Distancia a la línea de costa y Profundidad de inundación, esos son los de mayor completitud y consistencia en la base creada, no se seleccionaron para el cálculo Tipo, Alrededores, Diseño piso inferior y Estructuras protección línea de costa. Cada factor tiene clases a las que se asignaron los valores (en el Campo Valor) de manera similar a lo realizado por Omira et al. (2009), así los valores aumentan de 1 a 5 como aumenta la vulnerabilidad de menos a más. Para la asignación de la ponderación que le correspondería al factor se usó la jerarquización de variables, haciendo el análisis de los factores por pares propuesto por Saaty(Sánchez, n.d.), como resultado se obtuvo su orden de importancia, incluido en los campos Ponderación y Orden de las Tablas de los Anexos 4 y 5. La ecuación empleada para el cálculo de la vulnerabilidad de cada edificación es la siguiente:

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{Profundidad de inundación} * 7 + \text{Distancia a línea de costa} * 6 + \text{Condición} * 5 + \text{Número de pisos} * 4 + \text{Material} * 3 + \text{Orientación} * 2 + \text{Protección} * 1) / 104 \quad (1)$$

El denominador de la ecuación es la sumatoria del producto del máximo valor por la ponderación asignada al factor, por medio de lo cual se estandariza (Omira et al.,2009).

2.3 Premisas o Hipótesis

Se realiza la estimación de daños en edificaciones y personas utilizando las curvas de fragilidad generadas por Koshimura et al. en Banda Aceh, para el tsunami del Océano Índico 2004 y se estima la vulnerabilidad de las edificaciones por medio de la aplicación de una metodología, que integra múltiples factores de las edificaciones y su entorno, propuestos por varios autores.

2.4 CDIU – Operacionalización de variables

En estudios previos varios autores realizaron evaluaciones de vulnerabilidad de edificaciones ante tsunami empleando factores muy similares, en el Anexo 4 se presentan esas variables/atributos/factores y las ponderaciones usadas para esos análisis. En el Anexo 5 aparecen los factores, clases y ponderaciones asignadas en este trabajo para la evaluación de vulnerabilidad de las edificaciones. Se describen con detalle las variables seleccionadas que se relacionan en la Ecuación 1.

CUADRO N° 2
VARIABLES Y DIMENSIONES PARA ESTIMACIÓN DE LA
VULNERABILIDAD

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Material	Categórica, 4 clases	1: Concreto 2: Madera/caña 3: Mixto 4: Otros	-
Número de pisos	Numérica, tipo entero, mayor o igual que 1. Categorizada en 3	1: 5 pisos y más 2: 3-4 pisos 3: 2 pisos	Determinación visual
Alrededores: Barreras que limitan el predio, como muros y similares	Se considera protección del piso 1 ante objetos arrastrados. Categórica, 3 clases	1: muro que cubre piso 1 2: ½ muro o cerramiento 3: Sin ningún tipo de cerramiento	
Orientación: Posición en la manzana respecto a la dirección del mar	Categórica, 3 clases	1: Detrás 2: Laterales 3: Frente	
Condiciones: El estado de la edificación	Categórica, 3 clases	1: Nueva 2: Medio 3: Vieja	
Diseño piso inferior: Incluye presencia de objetos movibles en el piso 1	Categórica, 3 clases	2: Abierto con ventanales 3: Cerrado con ventanales 4: Objetos movibles	
Profundidad de Inundación: Altura medida desde el suelo	Numérica real positiva. Mayor o igual que 0	1: 0-2 m 2: 2-4 m 3: 4-7 m	Resultado de la simulación numérica

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Protección: Existencia de barreras, como otras edificaciones, que protejan de impactos	Categórica, 4 clases	1: Solo expuesto el lado opuesto al frente 2: Expuesto 1 lado o 2, 1 de ellos frente o lateral 3: Expuesto 3 lados o 2, incluidos frente y lateral 4: Expuesto 4 lados	
Distancia a la línea de costa: Distancia horizontal desde la línea de costa.	Numérica. Categorizada a 5 clases	1: 500 m o más 2: 300-500 m 3: 200-300 m 4: 100-200 m 5: 0-100 m	Determinación con SIG
Estructuras protección línea de costa: Aquellas que ofrezcan protección por tsunamis	Categórica, 3 clases	1: Diques o muros 2: Enrocados, rompeolas 3: Nada	Determinación visual

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

2.5 Gestión de datos

Se usaron datos de varias fuentes: estudios previos, datos del INEC de población y vivienda, datos de levantamiento de campo y de análisis de imágenes satelitales de uso libre. Para la elaboración de los mapas se emplearon datos geográficos disponibles en el Sistema Nacional de Información.

Los datos de población y vivienda fueron consultados en el REDATAM, programa de gestión de la información de los datos del censo del INEC del año 2010, en el que la información se desagrega hasta nivel de sectores censales. Un sector censal es un territorio espacial con límites definidos que comprende hasta 70 casas para el caso de sectores dispersos y alrededor de 150 para el caso de sectores amanzanados, en éstos las viviendas están cerca y tienen características de amanzanamiento (INEC, 2010).

Para el análisis se usó la información de población de las bases geográficas del INEC del SIN, desagregada hasta nivel de manzanas. En

esta capa objetos geográficos de tipo polígono (1008) representan las manzanas del área de estudio, en tanto que en la información obtenida del REDATAM se distribuye en solamente 100 polígonos.

La obtención de información de las edificaciones se realizó usando imágenes satelitales de uso gratuito para generar los objetos gráficos y mediante dos visitas al sitio de estudio. Los objetos y sus atributos se gestionaron en el SIG. La Tabla de atributos (buildings1) que representa las edificaciones del área urbana de Salinas, se llenó con la información recogida en campo. Las variables, con las clases, codificación y ponderación asignada se presentan en el Anexo 5.

2.6 Universo y muestra

Los datos de población y vivienda de las parroquias urbanas de Salinas se obtuvieron de la base del Censo de población y vivienda del INEC 2010, no se realizó muestreo.

La base de edificaciones se digitalizó tomando como área de interés la zona urbana cubierta por el mapa de inundación del escenario seleccionado. Para la recolección de datos de edificaciones se realizaron recorridos por zonas y manzanas representativas, cuya información luego se generalizó a su sector de localización.

2.7 Criterios éticos de la investigación

Una motivación importante para realizar este trabajo es aportar para el aumento de la resiliencia de la población expuesta a la amenaza de tsunamis. Por medio de los resultados obtenidos se podrán revisar las iniciativas de gestión de este riesgo que se hayan trabajado o que se pretenda emprender y se las podrá ajustar para que cubran uno de los escenarios posibles considerado como uno de los peores probables.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

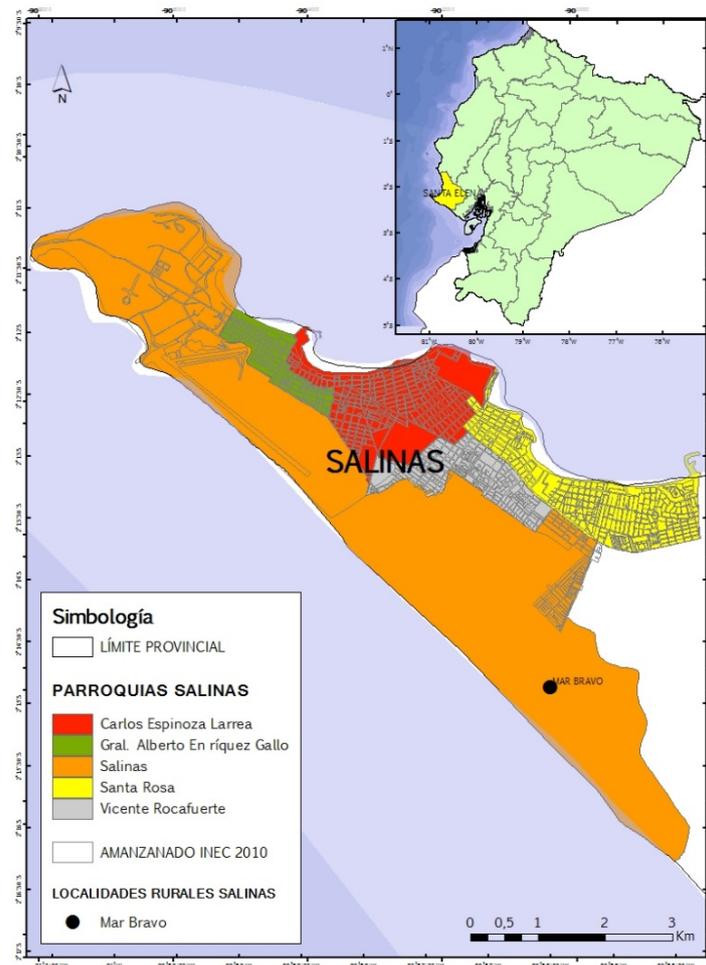
El área de estudio seleccionada pertenece a la provincia de Santa Elena y corresponde a la cabecera cantonal del cantón Salinas, y sus parroquias urbanas, estas son, Alberto Enríquez Gallo, Vicente Rocafuerte, Carlos Espinoza Larrea y Santa Rosa. Las parroquias rurales no serán consideradas en este estudio.

La zona estudiada se localiza en el filo costero ecuatoriano, al oeste de la provincia de Santa Elena, limitada al este por el cantón La Libertad y al norte, sur y oeste por el Océano Pacífico. El área tiene una extensión aproximada de 26,9 km² y se ubica geográficamente en la zona más prominente de la costa pacífica sudamericana, la Puntilla de Santa Elena.

La extensión de la línea de costa en Salinas en el frente norte desde el muelle de La Libertad hasta la Puntilla es de aproximadamente 13.5 km, y en el sur se extiende 6.7 km desde La Puntilla hasta las piscinas de sal de Ecuasal.

Salinas se caracteriza por concentrar gran cantidad de edificaciones e infraestructura turística y a lo largo del año una gran concurrencia de visitantes relacionados a esta actividad.

GRÁFICO No 4 ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

3.1.2 Población y vivienda

La población urbana de Salinas se concentra a lo largo de la línea de costa norte, integrando una gran conurbación con las adyacentes La Libertad y Santa Elena. La costa sur de dirección NW- SE es escasamente poblada y según (ESPOL, 2010) se hallan allí suelos desnudos, salitres, eriales, chaparros y arena seca principalmente. De acuerdo al censo de población y vivienda del año 2010, la población en la zona de estudio se distribuye en urbana y rural, de la siguiente manera: 34 719 habitantes en la zona urbana y 70 habitantes en la zona rural, correspondiendo el 52.5% a hombres y 47.5% a mujeres.

CUADRO N° 3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

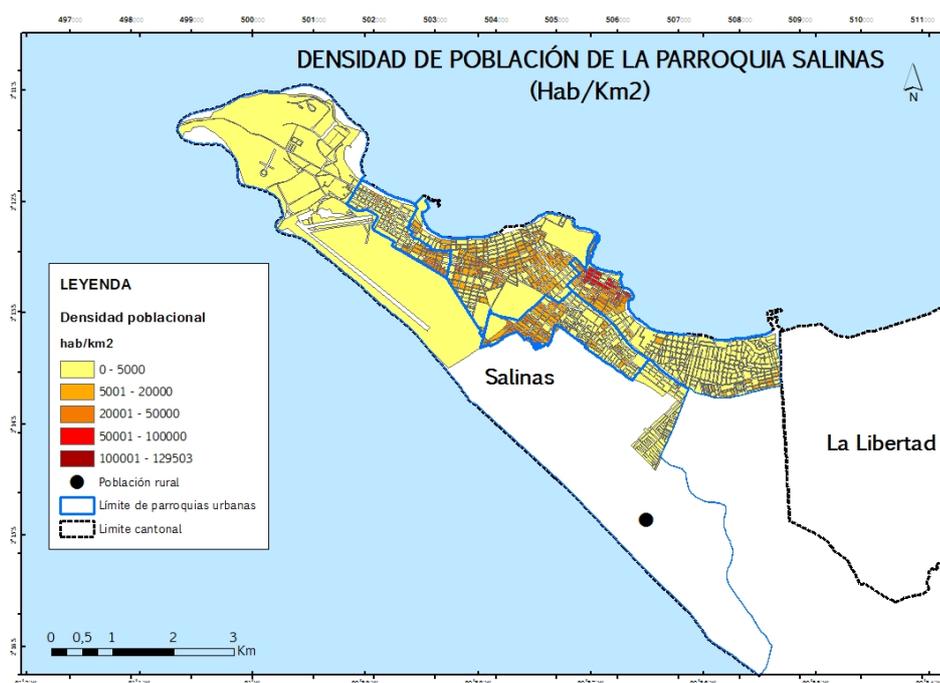
Parroquia	Población (Hab.)	Área (km ²)	Densidad de pob. (Hab./km ²)
Alberto Enríquez Gallo	3292	0.89	3698.88
Vicente Rocafuerte	5969	1.52	3926.97
Carlos Espinoza Larrea	9927	3.21	3092.52
Santa Rosa	13266	2.84	4671.13
Salinas	2204	18.51	119.07
---	61		
Mar Bravo (pob. Rural)	70		
Total	34789	26.92	1292.31

Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

La información de población disponible en las bases del censo de 2010 del INEC, se espacializa hasta nivel de manzanas en las áreas urbanas y se presenta asociada a puntos o centroides en las localidades rurales. Con la información disponible para el área urbana de la parroquia Salinas se elaboró un mapa temático de la densidad poblacional expresada en habitantes por kilómetro cuadrado.

GRÁFICO N° 5
DENSIDAD POBLACIONAL DE LA PARROQUIA SALINAS



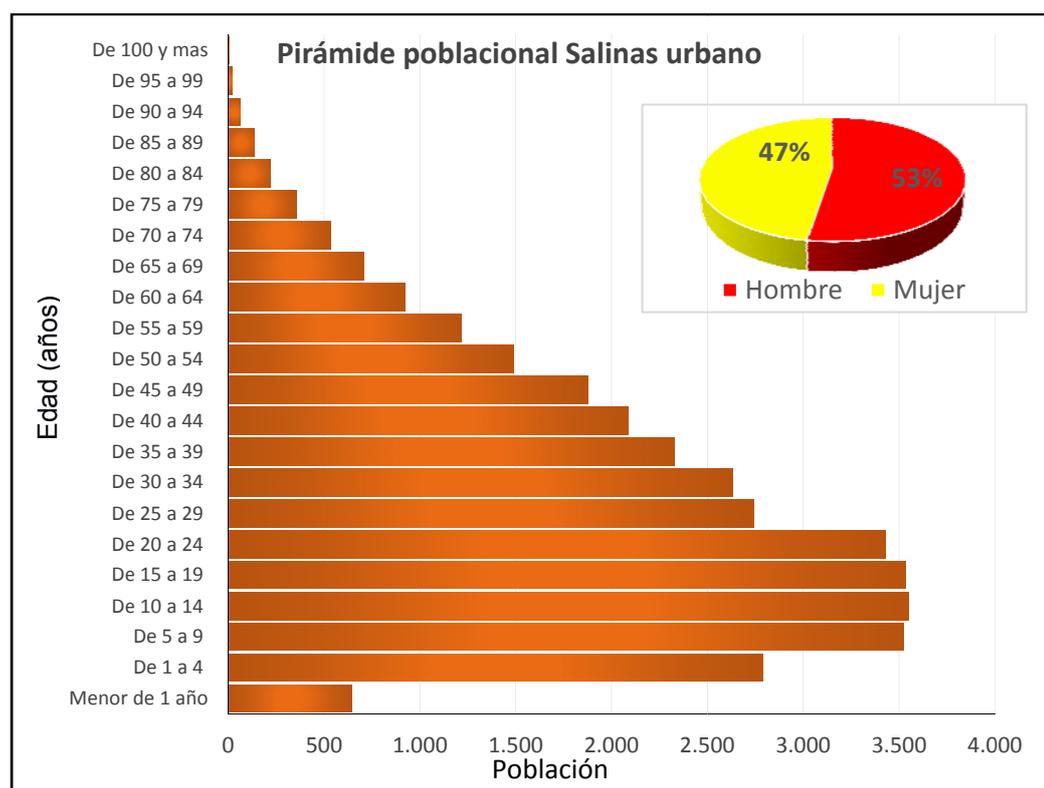
Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

La distribución etaria se presenta en la figura siguiente, la estructura de la población revela que es una población joven si se considera que el 51 % de ella estaba en los rangos entre 0 y 30 años al año 2010, además la distribución por género difiere de la tendencia nacional al ser mayor por cinco unidades porcentuales el número de hombres que de mujeres.

La población discapacitada, de interés especial en la planificación y gestión de riesgos, de acuerdo al censo del año 2010 alcanza los 162 habitantes, en otra fuente consultada (SETEDIS, 2013) esta población sería de 236 personas.

GRÁFICO N° 6
DISTRIBUCIÓN ETARIA Y POR GÉNERO EN LA PARROQUIA
SALINAS



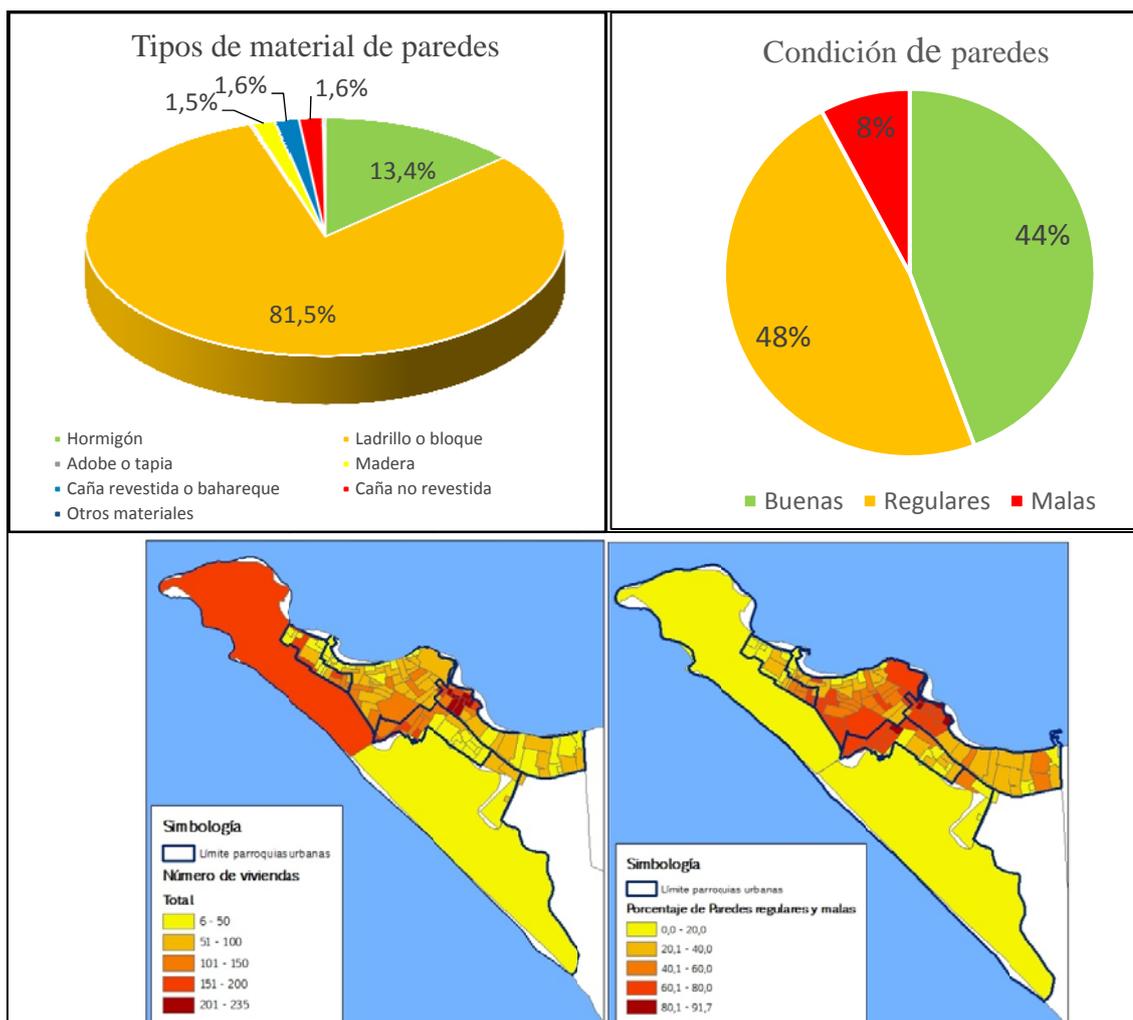
Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

Sobre la información de viviendas en Salinas y en consideración a los objetivos del estudio, de REDATAM se obtuvo información del número

de edificaciones en cada sector censal, de ellos se consultó la tipología y estado de las paredes exteriores. Se encontraron 7 tipos de materiales, siendo estos, Hormigón, Ladrillo o bloque, Adobe o tapia, Madera, Caña revestida o baraheque, Caña no revestida y Otros materiales; cerca del 95% de las edificaciones tienen paredes de hormigón, ladrillo o bloque. Se complementó con la consulta sobre las estructuras que presentaron paredes con estado “Regular” y “Malo”; esta evaluación del estado de las paredes la realizaron –durante el censo- sus habitantes por ello es una estimación subjetiva, esas valoraciones se resumen en el Anexo 7.

GRÁFICO N° 7
CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: INEC, 2010
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

El Gráfico No 7 representa la información de estas características de las edificaciones en el área de estudio. INEC, define esas variables de la siguiente manera:

- Regular: Cuando los materiales presentan algún deterioro o defecto estructural que no constituye un peligro inminente para los residentes de la vivienda, pero que necesiten alguna reparación.
- Malo: Cuando los materiales presentan mucho deterioro o daño estructural que es un peligro inminente para los habitantes de la vivienda por lo que requieren de una sustitución parcial o total de las áreas afectadas

De ello podemos ver que en general la percepción es que un alto porcentaje de las estructuras tienen paredes en estado regular y malo (56%).

3.1.3 Turismo

La variación temporal de la ocupación territorial debe ser considerada en la gestión de riesgos en general. La variación de la población a lo largo del año se identificó como un parámetro de influencia en la estimación de vulnerabilidad (Dominey-Howes & Papathoma, 2007). Salinas es un destino turístico reconocido nacional e internacionalmente y recibe a lo largo del año una importante afluencia de visitantes.

En informe presentado por Reck (2006) se señala que “Salinas recibe anualmente 150.000 turistas y según la Comisión de Tránsito del Guayas solo en Carnaval llegan entre 150.000 y 200.000 turistas, por lo que en temporada alta, la población de Salinas se estaría triplicando”. En el mismo estudio un sondeo directo de un sector concurrido de la playa reveló que 35% eran visitantes por un día, 31% eran turistas y 34% residentes.

En Salinas de acuerdo a Delgado & López (2009) al considerar los residentes y un máximo posible de visitantes, en cada metro cuadrado de playa se encuentran 1.03 personas, la presión en zona turística es 0.26 visitantes/m² y la relación visitante/residente es 1.54, además las fluctuaciones de la población están marcadas por una alta estacionalidad y el turismo masificado.

Sotomayor (2011) sobre el turismo en el cantón Salinas, establece que aunque se perciba una estacionalidad en el turismo, el flujo de turistas nacionales y extranjeros ocurre todo el año. La población fluctuante en el cantón, la cual correspondería al flujo turístico, según estadísticas del MINTUR entre el año 2009 y 2013 presentados por Zamora (2015) a los que se agregó la cifra del 2014, es:

CUADRO N° 4
CIFRAS ANUALES DE TURISMO HACIA SALINAS SEGÚN MINTUR

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total turistas extranjeros	58982	63768	69489	77459	83071	94820
Total turistas nacionales	27890	30376	34937	34861	38866	43169
Total	86872	94144	104426	112320	121937	137989

Fuente: Zamora, 2015; MINTUR, 2014

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

No se tienen estadísticas de las variaciones diarias o mensuales de la población visitante, en las cifras se ve una tendencia anual creciente. En actualización del inventario de atractivos turísticos del cantón Salinas realizado por Zamora (2015), se identificó 17 atractivos materiales y 7 inmateriales que le agregan valor a la actividad turística de la zona.

3.1.4 Configuración urbana del territorio

Como anota Sotomayor (2011), el uso del suelo en Salinas presenta características heterogéneas; en el área de estudio es mayormente residencial. En las áreas cercanas al Malecón, en las plantas

bajas de las edificaciones se observa una ocupación principalmente comercial y de servicios y una gran cantidad de condominios de gran altura, en los sectores más distantes de la playa la configuración cambia a sectores de edificaciones más bajas, generalmente de 2 pisos, y con uso principalmente habitacional. Según datos del INEC (2010), en la zona existen 23 edificaciones tipo Hotel/Pensión/Residencial u Hostal, 3 de tipo Cuartel militar/de policía o bomberos, 1 Hospital o clínica y 3 de Otro tipo de viviendas colectivas.

3.1.5 Condiciones oceanográficas

Según estudios publicados por Vera, Lucero y Mindiola (2009) y Vera (2014), las olas provenientes del Pacífico Sur son atenuadas por la morfología costera en tanto que aquellas del Pacífico Noroccidental generan fuertes oleajes. Las alturas de olas en Salinas a lo largo del año se mantienen aproximadamente constantes y la altura media para la serie de tiempo estudiada por Vera (2014) fue de 0.7 m; estas alturas son influenciadas por eventos como ENOS y las mareas; sus periodos están en 16 segundos y corresponden a mares de leva, la dirección predominante del oleaje es del NO. Las alturas de marea según la Tabla de predicción diaria de mareas INOCAR (2016), para el puerto de La Libertad (no se publican mareas en Salinas) está dentro del rango de hasta 2.8 metros sobre el nms, los valores máximos se presentan en periodos de Sicihia (aguaje) y los menores en las Cuadraturas, cuando los rangos están entre 0.9 y 1.2 m. En cuanto a corrientes costeras para agosto 2002, Vera et al. reportan valores promedio entre 0.1 y 0.45 m/s.

3.2 Presentación y análisis de resultados

De las visitas al sitio de estudio se hallaron las siguientes estructuras representativas del área:

GRÁFICO N° 8

EDIFICACIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

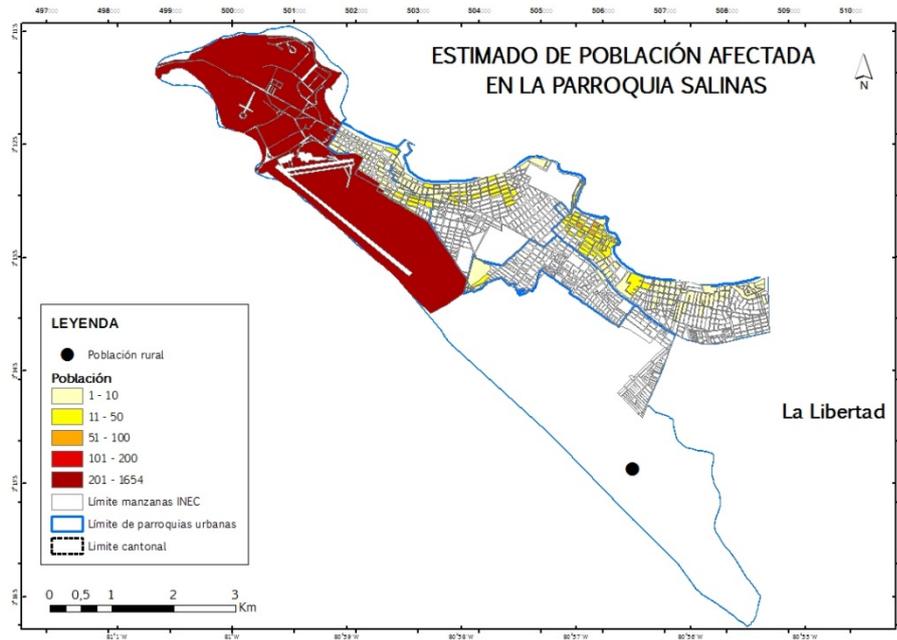
		
Edificaciones de concreto de más de tres pisos.	Edificios en el Malecón.	Viviendas de dos pisos de concreto.
		
Vivienda de caña de dos pisos.	Viviendas de dos pisos, sin cerramiento.	Vivienda de concreto, de un piso con cerramiento.

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

La estimación de edificaciones y población afectados en el escenario seleccionado se hizo en un entorno SIG, intersectando las capas de información correspondientes a edificaciones y población con la de Inundación. A partir de la información de profundidad de inundación máxima para cada unidad espacial, sea manzana o sector censal, se estimó vía la Función de Fragilidad la probabilidad de daño y utilizando esta cifra se calculó cuantitativamente la afectación.

Las Tablas con todos los valores aparecen en los Anexos 8 y 9 .La población total afectada estimada es de 4 259 personas los que representan un 23% de la población total expuesta a la Inundación, estos son 18 859 personas. La representación de los estimados de población afectada por sectores amanzanados se presenta en el Gráfico No 9.

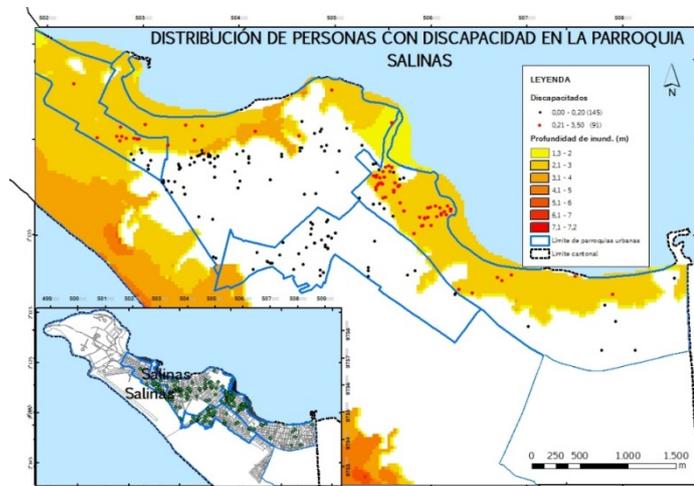
GRÁFICO N° 9 LOCALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN AFECTADA ESTIMADA



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

Se estimó la población discapacitada afectada intersectando la capa georeferenciada de SETEDIS con la de Inundación, un total de 91 personas equivalente al 39% de esta población es afectado en el escenario analizado. Discapacidades físico motoras, intelectuales, visuales y auditivas se presentan entre estos afectados.

GRÁFICO N° 10 LOCALIZACIÓN DE PERSONAS DISCAPACITADAS AFECTADAS



Fuente: Zamora, 2015; MINTUR, 2014
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

3.2.1 Población flotante

Las estimaciones realizadas previamente incluyeron solamente la población residente en Salinas, sin embargo considerando el flujo de turistas o visitantes mencionado antes y las fuentes citadas, se tiene que para las playas de Chipipe, San Lorenzo y Punta Carnero, los estimados de esta población serían:

CUADRO N° 5
ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN VISITANTE (FLOTANTE)

Playa	Fuente	Área efectiva de uso turístico (m ²)	Carga aceptable sugerida	Población estimada (Área efectiva*tasa de ocupación de playas)	Determinación in situ
Chipipe	Reck	22 977	4 500	23666	-
San Lorenzo		13 390	2 600	13792	-
Punta Carnero	Hurtado y Rodríguez	35 260	2 351	-	1500-2000 (Un día feriado de Carnaval)

Fuente: Reck, 2006; Hurtado y Rodríguez, sf, Delgado y López, 2009
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

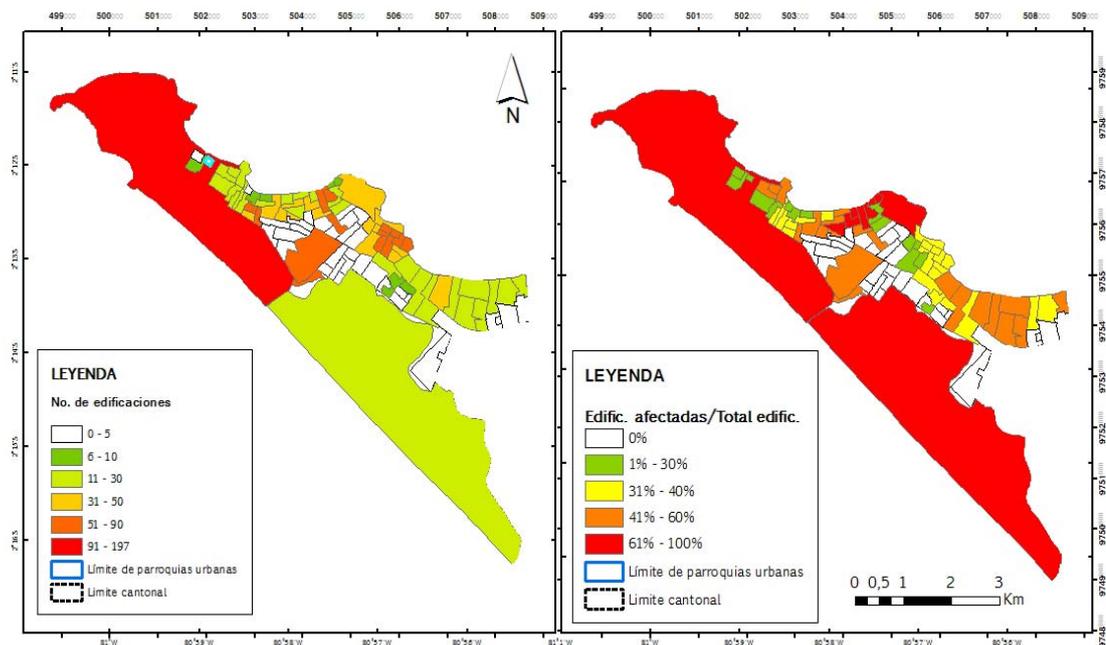
La ocupación por metro cuadrado sugerida se relaciona con el tipo de playa, 5 m² en urbana y 15 m² en semiurbana. La tasa de ocupación de playa es la reportada por Delgado y López.

La población flotante afectada en un día de máxima carga esperada sería de aproximadamente 39 458 personas, considerando solamente las tres playas del Cuadro No 5. Otra estimación aproximada para este cálculo es la relación Visitante/ Residente, en la que la población visitante sobrepasa en 1.54 a la residente, lo que equivaldría a una carga adicional de 53 575 personas visitantes.

3.2.2 Vulnerabilidad de edificaciones

La estimación de edificaciones afectadas usando las FF se realizó de manera similar a los cálculos para población, a efectos del análisis se considera el estimado de porcentaje de daño con base en el valor máximo de profundidad de inundación, el total de edificaciones afectadas es 2237, lo que representa un 28% de viviendas del total (8097). En el Anexo 8 se presenta el registro completo de los sectores amanzanados con los estimados de edificaciones afectadas. El Gráfico No 10 representa la estimación de edificaciones afectadas por sectores censales para la zona de estudio.

GRAFICO N° 11
ESTIMADO DE EDIFICACIONES AFECTADAS EN LA PARROQUIA
SALINAS POR SECTORES CENSALES



Fuente: Investigación de campo
 Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

La incidencia de las viviendas que tienen paredes de estado “regular” y “malo” por sector censal en contraste con las profundidades de inundación se presenta en la gráfica del Anexo 10.

3.2.3 Vulnerabilidad de edificaciones usando un Índice combinado

La evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones usando la ecuación que combina varios factores dio como resultado un rango de valores que va de 0.25 a 0.87; con el considerando de que los valores posibles van de 0 a 1, este rango fue ajustado a una escala de 5 partes de 0.2 unidades cada una para asignar niveles de vulnerabilidad relacionados a probabilidades de daños equivalentes a incrementos de 20%. El Cuadro No 6 y el Gráfico No 11 representan los resultados obtenidos.

CUADRO N° 6

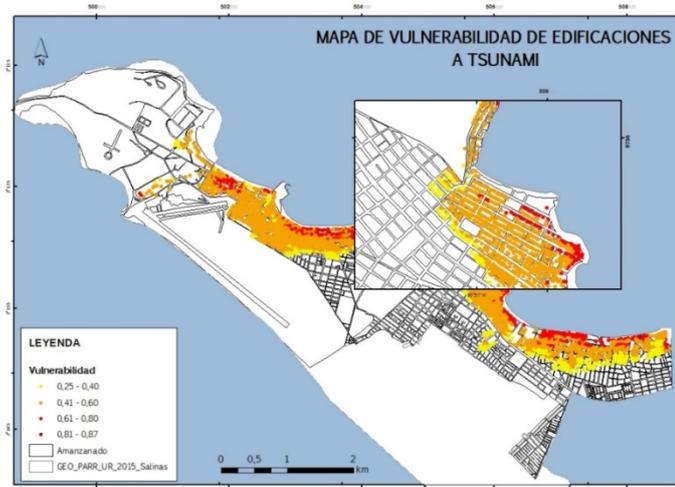
EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES

Vulnerabilidad	Nivel	Número de edificaciones	Porcentaje
0 - 0.19	Bajo	0	0
0.20 – 0.39	Ligero	564	14
0.40 – 0.59	Medio	2810	70
0.60 – 0.79	Alto	622	16
0.80 – 1.00	Muy alto	1	0
Total		3997	

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

GRÁFICO No 12

REPRESENTACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES EVALUADAS POR COMBINACIÓN DE FACTORES



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

4.1 Contrastación de resultados

La información de población estuvo disponible en dos niveles de agregación, por manzanas y por sectores censales, se realizó la estimación mediante FF para ambos casos y se encontraron diferencias significativas para los resultados, tal como se presenta en la Tabla siguiente:

CUADRO N° 7
ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN TOTAL AFECTADA MEDIANTE FF

Nivel de agregación de la información	Usando el valor máximo de Profundidad de inundación del polígono	Usando el valor promedio de Profundidad de inundación del polígono
Sectores censales	6538	2008
Manzanas	4259	2619
Diferencia	2270	227

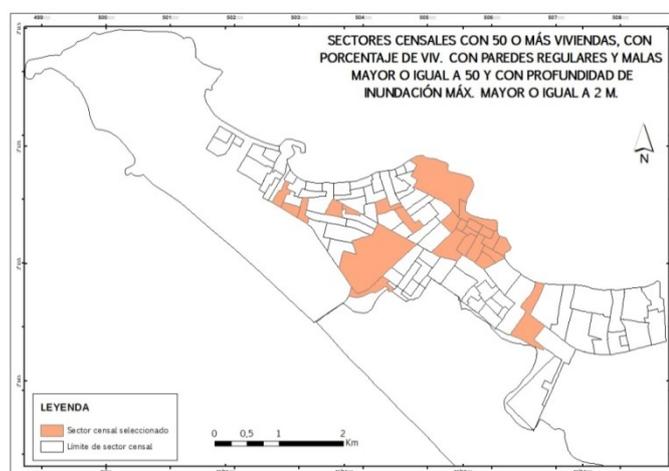
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

También hay diferencia al usar para la estimación el valor máximo o promedio de Inundación, debido a que como puede verse en los Cuadros de los Anexos 8 y 9 estos dos valores pueden variar mucho, dependiendo del nivel de agregación. En general esperaríamos que resultados generados de información con mayor detalle sean más confiables, por ello se trabajó con los resultados obtenidos del amanzanamiento.

La estructura urbana de Salinas presenta una mayor densidad poblacional en el sector noroeste de la parroquia Santa Rosa (Gráfico No 5), está en el rango de 20001 y 129503 hab./km², allí se observó ocupación completa de lotes, edificaciones habitacionales de poca altura, de 2 pisos, adosadas y sin cerramientos. Tal densidad poblacional contrasta con el estimado para el cantón Salinas que es de 500 a 2000 o aquel del país de tan solo 57, pero es menor al estimado por Delgado y López (2009), de 260 000 por la presión del suelo en zona turística. Ninguna de las zonas estudiadas alcanzan ese valor pero las cifras presentadas en la Tabla 3 solo incluyen la población residente.

El contar con la información espacializada en una geodatabase permite realizar consultas combinando criterios, así por ejemplo se consultó en la base de sectores censales aquellos sectores con número de viviendas mayor o igual a 50, con porcentaje de viviendas con estado de paredes regulares y malas mayor o igual a 50 y bajo una profundidad máxima de inundación mayor o igual a 2 metros y el resultado fue el presentado en la gráfica siguiente. El número de viviendas afectadas bajo estas condiciones es 1213, esto representa más del 50% del total de las viviendas afectadas (2237).

GRÁFICO N° 13 RESULTADO DE CONSULTA A LA BASE DE DATOS



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

La población afectada de acuerdo al cálculo realizado representa un 12% de la población residente, dentro de esta cifra estarían las personas con discapacidades identificadas pero a ellos se suma la población visitante la cual en el peor escenario llega a 53 575, lo que implica que deben realizarse los planes de contingencia considerando al menos un escenario con estas características de tamaño de población afectada, es decir aproximadamente 60 000 personas.

La estimación de edificaciones afectadas arrojó un 28% respecto al total, el nivel de afectación puede ser inferido a partir del análisis del estado de las paredes de las viviendas. Así en las zonas con mayor afectación (probabilidad de daño máximo a edificaciones igual o mayor a 50%), se identificó los sectores censales en los que hay mayor proporción de edificaciones con paredes en estado regular y malo (mayor o igual a 50%), los que serían sectores con mayor vulnerabilidad, la cantidad estimada de edificaciones fue 381.

Sobre el diseño del Índice de vulnerabilidad, los factores usados son similares a aquellos usados en estudios previos tomados como base, para jerarquizar y ponderar factores se aplicó técnica análoga a la usada por Dall'Oso et al.(2009) y en cuanto a la forma de valorarlos similar a Omira et al.(2009) y Dominey-Howes et al.(2010); hay coincidencia en la importancia dada para algunos de ellos, pero para la construcción del índice y su valoración, se consideró básicamente la disponibilidad de información. Es probable que con mayor disponibilidad, detalle y cantidad de datos, el resultado es susceptible de ser mejorado.

En cuanto a los valores obtenidos (Cuadro No 6), un 86% de las edificaciones evaluadas tiene vulnerabilidad mayor al nivel medio. Vale anotar que se observan tendencias asociadas a los pesos dados a los factores en la distribución de la vulnerabilidad (Gráfico No 11), por ello es importante resaltar que estos resultados son preliminares, pues se hizo un

levantamiento combinando inspección visual en visitas al sitio e imágenes satelitales, recurriendo a generalizaciones. De los resultados muchas de las edificaciones localizadas en el frente costero tienen alta vulnerabilidad.

4.2 Limitaciones

Entre las limitaciones identificadas en el desarrollo de este estudio, están el no considerar el efecto de las edificaciones y estructuras dentro del modelo de inundación, como fue presentado por Kaiser et al.(2011), esto representa una fuerte limitación ya que en términos de los resultados por él reportados, el área de inundación decreció hasta en un 41% al incluir esta variable en el modelo.

Las FF usadas no consideran la Velocidad del flujo ni las Fuerzas hidrodinámicas, a favor de la Profundidad de Inundación, como parámetro indicador de la magnitud del tsunami, aquellos y otros pueden ser factores importantes a considerar para una evaluación más precisa (Charvet, Suppasri, Kimura, Sugawara & Imamura, 2015).

Las FF usadas, desarrolladas para Banda Aceh por Koshimura et al.(2009), no discriminan las edificaciones por su estructura, sin embargo Suppasri, Koshimura e Imamura, (2011), Reese et al.(2011) y otros investigadores, han señalado que un método para disminuir la incertidumbre implícita en las FF es realizar curvas para diferentes tipos de estructuras debido a la respuesta diferente que pueden tener ante la acción de las fuerzas hidrodinámicas.

Aunque emplear las FF por tsunami generadas en un área determinada para estimar las probabilidades de daños en otras áreas costeras ha sido documentado en estudios previos (Wiebe & Cox, 2013) en Oregon, EUA, (Yanagisawa et al., 2011) en Perú, (Adriano, Mas, Koshimura, Estrada, & Jiménez, 2014) en Callao, Lima, (Vera, 2015) en

Esmeraldas; al hacer esta “extrapolación” debe considerarse las limitaciones que esto implica. Entre las identificadas por Macabuag et al. (2014), están el que son construidas generalmente con datos de tsunamis pasados y se limitarían a la disponibilidad y calidad de los datos de tales eventos, se aplicarían solamente a los lugares a los que corresponden los datos en los que se basan ya que los estándares y técnicas de construcción difieren de un lugar a otro y elementos estructuralmente iguales pueden mostrar “desempeño” muy diferente bajo las mismas fuerzas, las curvas para eventos de origen lejano no incorporarían la amenaza de un sismo de origen cercano, algunas FF se basan en un número relativamente pequeño de observaciones de campo y están, por tanto, sujetas a una mayor incertidumbre Reese et al.(2011).

Una limitación importante en la evaluación de vulnerabilidad de edificaciones es la ausencia de criterios de tipo estructural o ingenieril durante el levantamiento de la información, éste solo incluye información evidenciada visualmente desde exteriores, y excluye tipo y estado de elementos estructurales, paredes, bases, etc., siendo necesario estos datos para la determinación de la vulnerabilidad de la estructura en términos de su capacidad de carga ante las fuerzas hidrodinámicas de los tsunamis, Omira et al, (2009).

No se consideró en la evaluación de daños el efecto de impactos causados por estructuras que son arrastradas por las olas tsunamigénicas como embarcaciones y escombros de todo tipo, cuyo destructor efecto quedó evidenciado en los tsunamis de 2004 y 2011 respectivamente, lo cual es un efecto altamente posible en el sitio de estudio por la cantidad de embarcaciones ubicadas en la zona cercana a las playas.

No se contó con información detallada sobre la variación en la ocupación espacial y temporal de las playas, hoteles, sitios de recreación, escuelas, hospitales, y similares, los que inciden de modo importante en

la densidad poblacional, la que se considera un factor crítico en las evaluaciones de vulnerabilidad.

4.3 Líneas de investigación

A partir de los resultados se han hecho evidente la necesidad de trabajar en determinadas líneas investigativas:

- Desarrollar funciones de fragilidad analíticas para tsunamis
- Realizar evaluaciones estructurales de las edificaciones
- Diseñar herramientas como índices para evaluar niveles de vulnerabilidad de las edificaciones
- Realizar evaluaciones económicas de las pérdidas posibles causadas por un tsunami en determinados escenarios.

CAPÍTULO V

PROPUESTA

De los resultados obtenidos se considera que mientras las FF son útiles para tener un estimado inicial cuantitativo de los daños que pueda provocar un evento tsunamigénico en tanto estas curvas no sean calibradas o desarrolladas con métodos analíticos e incorporando las características propias de las estructuras y la localidad, los resultados deben considerarse como referenciales.

Una alternativa que se propone es desarrollar FF analíticas considerando resultados de estudios previos sobre generación de FF sísmicas y la metodología planteada por (Macabuag et al., 2014) basada en análisis estructural, lo que implica ejecutar las etapas siguientes:

1. Seleccionar el tipo estructural de la edificación (modelo analítico)
2. Modelación de la estructura a analizar
3. Definir el modelo de fuerzas del tsunami
4. Definir la profundidad máxima de inundación
5. Realizar el análisis de la respuesta estructural
6. Realizar las iteraciones para construir una base de datos representativa
7. Generar las funciones de fragilidad

Para realizar los análisis estructurales una opción es el uso de funciones *pushover* y basarse en estudios análogos realizados para desarrollar FF para sismos como los de Quizanga (2006) y Bobadilla de la Torre (2005). Una opción factible es realizar estos análisis por etapas, priorizando el trabajo e iniciar una primera fase elaborando curvas de fragilidad para evaluar los edificios principales o importantes por su

funcionalidad como aquellos que pueden ser empleados en caso de un tsunami para evacuación vertical.

Otra propuesta que se plantea es desarrollar a través de instancias como los GAD y sus áreas de Planificación o Catastro, bases de datos exhaustivas con la información de las edificaciones y de su entorno, lo que incluye multiplicidad de variables como las indicadas en el Capítulo 2 como punto de partida e inclusive ampliando éstas de acuerdo a la realidad del sitio de estudio.

La base de datos debe ser espacialmente desagregada hasta el nivel predial y de edificaciones y añadiendo la información de los atributos de manera que permita evaluar no solo vulnerabilidad ante la amenaza tsunamigénica si no también otras amenazas de manera que se constituya en una herramienta útil para determinación de la vulnerabilidad a multiamenazas y sea fácilmente manipulable para consultar mediante cruce de variables. Un entorno SIG apropiado se propone como el que ofrece el Quantum GIS al ser un software de libre acceso.

Tomando como referencia la base de datos geográfica de edificios desarrollada aquí, las unidades de análisis serán los predios, representados por polígonos, a estos se puede enlazar las tablas de atributos que pueden ser manejadas en el entorno SIG o en hojas de cálculo vía código único identificador de los predios. Es importante establecer en principio las clases, rangos y categorías para cada factor que se manejará en la base de datos.

Para las evaluaciones, y la determinación de criterios, ponderaciones, etc. deberán probarse y establecerse metodologías que de manera objetiva y consistente permitan la gestión de la vulnerabilidad y del riesgo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Según señaló Espinoza (1990) en la zona de subducción frente a la Península de Santa Elena, la probabilidad de ocurrencia de un sismo tsunamigénico es grande por la brecha en tiempo que ha transcurrido desde los registros sísmicos más recientes y la consecuente acumulación de energía entre placas, por ello es impostergable la realización de acciones como evaluaciones de vulnerabilidad, elaboración de planes de contingencia, capacitación a la población, etc. que en conjunto y de manera programática permitan aumentar la resiliencia de este sector costero y de todos los expuestos a similar amenaza.

Los resultados aquí fueron los esperados pero queda claro que deben realizarse trabajos con el objetivo de superar todas las limitaciones identificadas durante la realización del estudio.

A partir de una buena estimación de los impactos de un tsunami pueden diseñarse los planes de gestión que incluyen planes de contingencia con recursos requeridos, de allí la importancia de que estas evaluaciones sean comprensivas y con alta precisión y detalle, la eficiencia en el uso de recursos se logrará con el empleo de los insumos adecuados para la toma de decisiones.

6.2 Recomendaciones

Se plantean las siguientes recomendaciones:

Incluir en las simulaciones numéricas del tsunami en la etapa de inundación el efecto de los edificios y de la resistencia al flujo en general, existen referencias bibliográficas y estudios previos que incorporan este factor en el modelo pues como halló Kaiser et al. (2011) las diferencias en los resultados son significativas y ellas inciden de manera directa en la subsiguiente evaluación de daños. Otra variable que se recomienda considerar en cuanto al modelo de inundación es la marea, la que puede causar un factor de magnificación de las profundidades de inundación importante de coincidir un evento con la fase de pleamar.

Analizar métodos eficientes y efectivos para recolectar información de las edificaciones, a través de productos de sensores remotos, catastros, bases de datos en oficinas de gobiernos autónomos y nacionales, de manera que se vayan conformando bases de datos e información robustas para el análisis de vulnerabilidad.

Incluir la variabilidad poblacional diaria, estacional y de las escalas temporales necesarias y suficientes de manera que permitan estimar de manera más efectiva la población afectada. De no existir esta información debe generarse impostergablemente. Otro aspecto que debe considerarse en la planificación de riesgos es la población discapacitada que sería afectada en caso de un tsunami.

En este trabajo no se analizó el impacto causado a las embarcaciones ni el que estas pudieran causar sobre las infraestructuras al ser arrastradas por las olas de un tsunami, esto ya se observó en eventos previos como los de Japón y Sumatra, razón por la que se recomienda establecer los impactos y las medidas que deban aplicarse para minimizar estos efectos.

Tampoco se ha cuantificado aquí el impacto de los daños en los bienes turísticos materiales e inmateriales que podría causar un tsunami,

lo cual tendría efecto importante en la economía local. Por lo que otra recomendación es incorporar esta valoración en un próximo ensayo de estimación de daños.

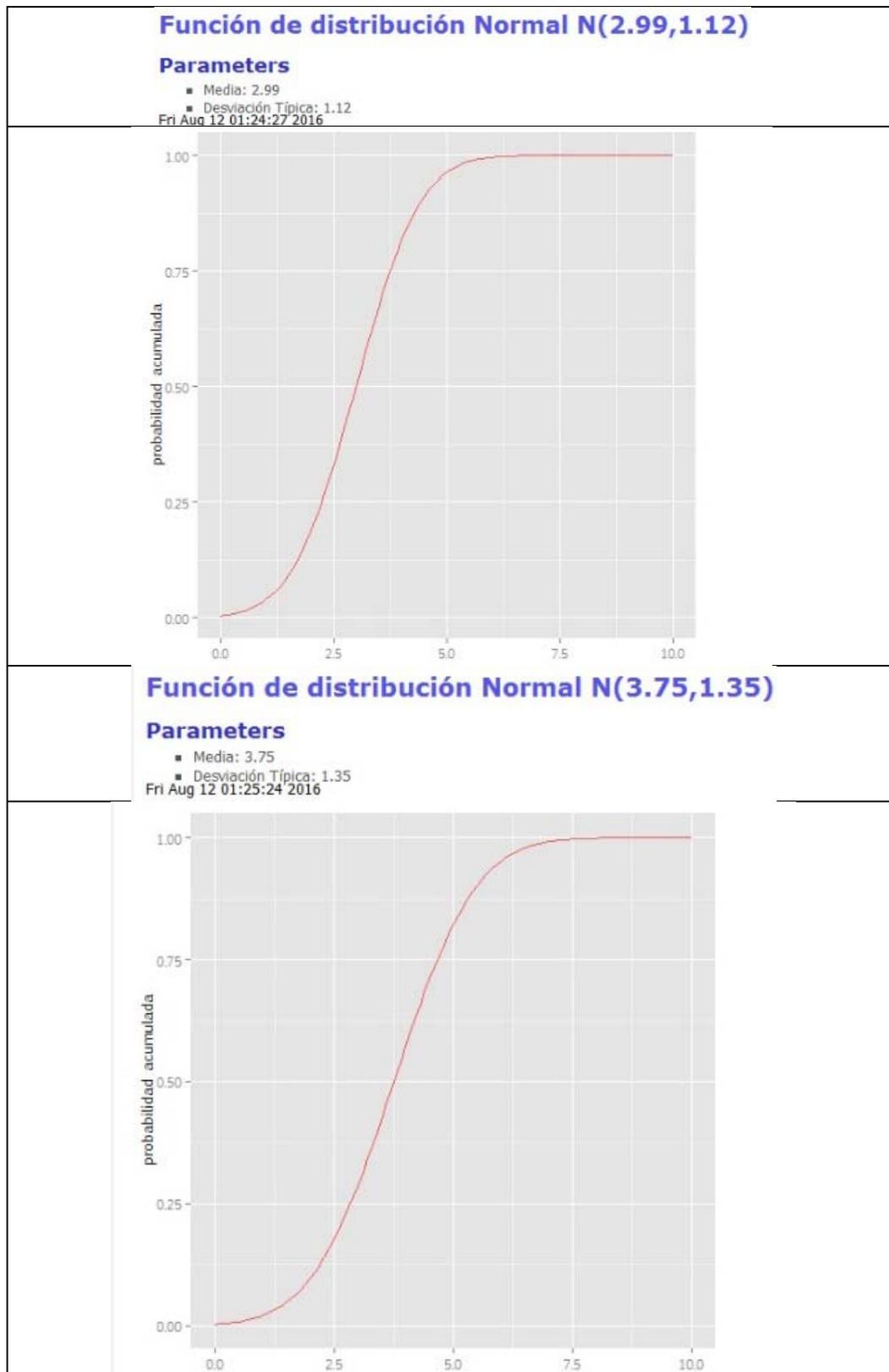
ABREVIATURAS

COMCOT:	Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model
FF:	Funciones de fragilidad
FORTTRAN:	Formula Translating System
GR	Gestión de Riesgos
INEC:	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo
MIT:	Medida de Intensidad de Tsunami
MOST:	Method of Splitting Tsunami
NEOWAVE:	Non Hydrostatic Evolution of Ocean wave
NO	Noroeste
REDATAM:	Recuperación de Datos para Áreas pequeñas por Microcomputador.
SIG:	Sistema de Información Geográfica
SIN:	Sistema Nacional de Información
TIME:	Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation
TUNAMI:	Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation

ANEXOS

ANEXO N° 1

FUNCIONES DE FRAGILIDAD APLICADAS EN EL ANÁLISIS



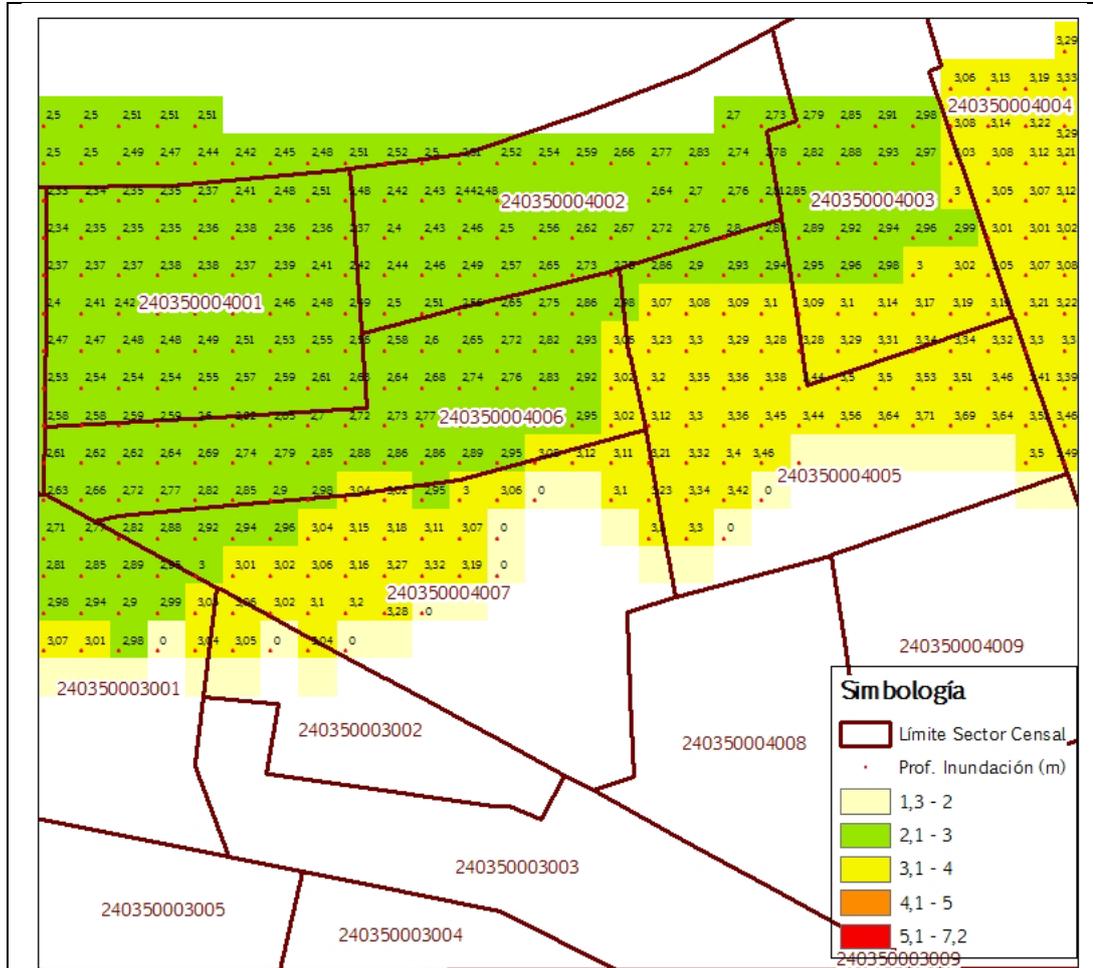
VALORES DE PROBABILIDAD

X	Probabilidad de daño edificaciones	X	Probabilidad de daño población
0,10	0,00	0,20	0,00
0,20	0,01	0,40	0,01
0,30	0,01	0,60	0,01
0,40	0,01	0,80	0,01
0,50	0,01	1,00	0,02
0,60	0,02	1,20	0,03
0,70	0,02	1,40	0,04
0,80	0,03	1,60	0,06
0,90	0,03	1,80	0,07
1,00	0,04	2,00	0,10
1,20	0,05	2,20	0,13
1,40	0,08	2,40	0,16
1,60	0,11	2,60	0,20
1,80	0,14	2,80	0,24
2,00	0,19	3,00	0,29
2,20	0,24	3,20	0,34
2,40	0,30	3,40	0,40
2,60	0,36	3,60	0,46
2,80	0,43	3,80	0,51
3,00	0,50	4,00	0,57
3,20	0,57	4,20	0,63
3,40	0,64	4,40	0,68
3,60	0,71	4,60	0,74
3,80	0,77	4,80	0,78
4,00	0,82	5,00	0,82
4,20	0,86	5,20	0,86
4,40	0,90	5,40	0,89
4,60	0,92	5,60	0,91
4,80	0,95	5,80	0,94
5,00	0,96	6,00	0,95
5,50	0,99	6,50	0,98
6,00	1,00	7,00	0,99
		7,50	1,00

Fuente: Investigación de campo
 Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 2

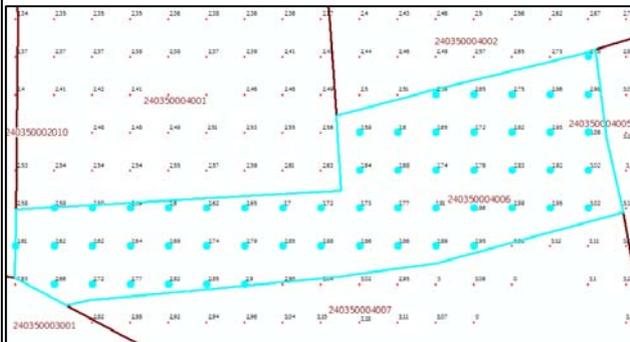
ESQUEMA DE CÁLCULO DE VALORES MÁXIMOS Y PROMEDIO DE PROFUNDIDAD DE INUNDACIÓN PARA CADA UNIDAD DE ANÁLISIS

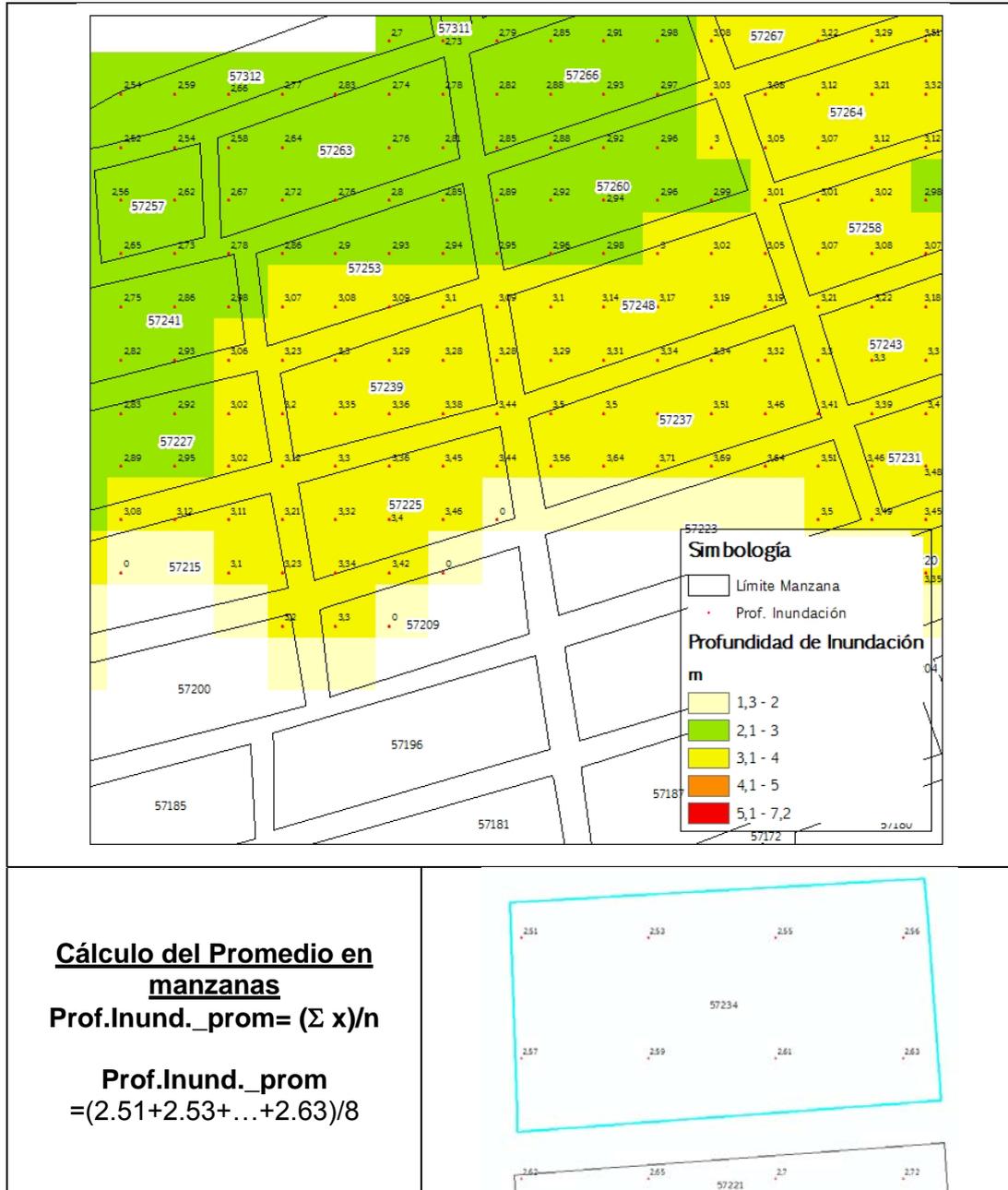


Cálculo del Máximo en sector

censal

- Ordenar valores de menor a mayor
 2.56
 2.58
 .
 .
 .
 3.06
- Seleccionar el valor mayor





Fuente: Investigación de campo
 Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 3

TABLA DE ATRIBUTOS DE LAS EDIFICACIONES

Num pisos	Tipo1	Surroundin	GFHydro	Cimientos	Proteccion	Distanc	ic	Prof_inund	Estruc_def	ProfIN_cia	Orienta	Material1	Condicion	Vulnerabil
3	Casa	1	0	0	0	5	2,542		2	3	1	1	0,631624	
4	Edificio	3	0	0	3	5	2,54		2	3	2	3	0,839406	
3	Casa	1	0	0	0	4	2,546		2	2	1	1	0,562594	
3	Casa	1	0	0	0	5	2,561		2	3	1	1	0,632941	
1	Casa	4	0	0	4	5	2,341		2	2	2	3	0,746406	
1	Edificio	2	0	0	2	4	2,379		2	1	2	3	0,859831	
1	Edificio	2	0	0	4	5	2,484		2	3	2	3	0,786713	
1	Edificio	3	0	0	3	4	2,562		2	3	2	3	0,821129	
1	Edificio	3	0	0	3	4	2,557		2	3	2	3	0,820782	
1	Casa	2	0	0	2	5	2,58		2	1	1	2	0,604554	
1	Casa	2	0	0	2	5	2,58		2	2	1	3	0,683762	
2	Casa	1	0	0	2	5	2,593		2	3	1	3	0,734168	
3	Casa	1	0	0	2	4	2,597		2	3	1	1	0,615634	
3	Casa	1	0	0	2	4	2,597		2	2	1	1	0,585931	
3	Casa	1	0	0	2	5	2,598		2	3	1	1	0,655307	
3	Casa	1	0	0	0	5	2,605		2	3	1	1	0,633999	
3	Casa	1	0	0	0	5	2,601		2	3	1	1	0,635713	
1	Edificio	0	0	0	4	5	2,614		2	3	1	1	0,636614	
3	Casa	1	0	0	0	5	2,595		2	3	1	1	0,635297	
2	Casa	0	0	0	4	5	2,632		2	3	1	1	0,657663	
3	Casa	0	0	0	0	4	2,065		2	1	1	2	0,349059	
1	Edificio	0	0	0	0	4	2,091		2	3	1	2	0	
1	Edificio	0	0	0	0	4	2,139		2	3	1	2	0	
1	Edificio	0	0	0	0	4	2,173		2	3	1	2	0	
3	Casa	0	0	0	2	3	1,968		1	3	1	2	0	
1	Edificio	0	0	0	0	4	0		0	3	1	1	0	
3	Casa	0	0	0	0	3	0		1	2	1	2	0	
3	Casa	0	0	0	0	2	2,045		2	3	1	2	0	
3	Casa	0	0	0	0	2	2,146		2	1	1	2	0	
3	Casa	0	0	0	0	2	2,182		2	1	1	2	0	
1	Edificio	0	0	0	0	3	2,628		2	3	1	1	0	
1	Edificio	0	0	0	0	3	2,596		2	3	1	1	0	
3	Edificio	0	0	0	0	3	0		1	3	1	2	0	

Fuente: Investigación de campo
 Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 4
CUADRO DE FACTORES USADOS POR VARIOS AUTORES EN
ESTUDIOS PREVIOS SOBRE VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES

Nombre del índice/Fórmula	Valores	Factores	Peso de factores	Valores posibles	Cálculo
Omira, Baptista, Miranda, Toto, Catita, Catalao, 2009					
BTV (%) $BTV = ((F_{c,b} * F_{w,b}) + (F_{c,i} * F_{w,i}) + (F_{c,s} * F_{w,s}) / (F_{c,max} * F_{w})) * 100$	D0-D4	Condición del edificio	3	1 - 4	
		Zonas de Inundación	2	1 - 3	
		Estructuras defensivas costeras	1	1 - 3	
Dominey-Howes, Dunbar, Varner, 2009					
$V = 8*a + 7*b + 6*c + 5*d + 4*e + 3*f + 2*g + 1*h$		a: Profundidad de inundación	8	1 - 6	Valor/6
		b: Línea de ubicación	7	1 - 37	Valor/37
		c: Material de construcción	6	1 - 4	Valor/4
		d: Número de pisos	5	1 - 2	Valor/2
		e: Orientación	4	1 - 3	Valor/3
		f: Condición de preservación	3	1 - 3	Valor/3
		g: Presencia de muros, tapias y similares alrededor	2	1 - 4	Valor/4
		h: Presencia de barreras tipo vegetación costera, arboledas	1	1 - 3	Valor/3
Dall'Oso, Gonella, Gabbianelli, Withycombe y Dominey-Howes, 2009					
RVI: Índice de Vulnerabilidad Relativa					
$2/3 * SV + 1/3 * WV$					
SV: Vulnerabilidad estructural estandarizada	1 - 125				
$SV = B_v * Ex * Prot$					
WV= Número de pisos inundados/Número total de pisos	1 - 5				
Bv: Vulnerabilidad estructural	1 a 5	s: Número de pisos	w1		Calculados por Proceso Jerárquico
		m: Material y técnica de construcción	w2		

Nombre del índice/Fórmula	Valores	Factores	Peso de factores	Valores posibles	Cálculo
		g: Diseño hidrodinámico del piso inferior	w3		Analítico
		f: Bases	w4		
		so: Forma y Orientación	w5		
		mo: Objetos movibles	w6		
		pc: Condición de preservación	w7		
Prot: Protección a los alrededores	1 a 5	Línea de ubicación	p1		
		Presencia y forma de diques (rompeolas, etc.)	p2		
		Presencia de barreras tipo vegetación costera, arboledas	p3		
		Presencia de muros, tapias y similares alrededor	p4		
Ex: Exposición	1 a 5	Profundidad de inundación		0 - 1	
Papathoma and Dominey-Howes, 2003					
$BV=7*a+6*b+5*c+4*d+3*e+2*f+1*g$		Material de construcción	7		Valor/Valor max.
$HV= BV*Población$		Línea de ubicación	6		Valor/Valor max.
		Presencia de muros, tapias y similares alrededor	5		Valor/Valor max.
		Diseño hidrodinámico del piso inferior	4		Valor/Valor max.
		Número de pisos	3		Valor/Valor max.
		Presencia y forma de diques (rompeolas, etc.)	2		Valor/Valor max.
		Ambiente natural	1		Valor/Valor max.
Papathoma, Dominey-Howes, Zong y Smith, 2003					
		Número de pisos			
		Diseño hidrodinámico del piso inferior			
		Presencia de muros, tapias y similares alrededor			

Nombre del índice/Fórmula	Valores	Factores	Peso de factores	Valores posibles	Cálculo
		Material, edad, diseño		(vulnerabilidad muy alta, alta, media y baja)	
		Objetos movibles			
		Densidad de población			
		Número de personas por edificio			
		Uso (comercial, residencial, servicio)			
		Presencia y forma de diques (rompeolas, etc.)			
		Ambiente natural (ancho de la zona intermareal)			
		Presencia de barreras tipo vegetación costera, arboledas.			

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 5
VARIABLES, CLASES Y PONDERACIÓN PARA ESTIMACIÓN DE LA
VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES

Factor	Clase	Valor	Ponderación
Tipo	Casa		
	Edificio		
	Comercial		
	Hostería		
	Hotel		
	Industrial		
	Educativo		
	Hospital		
	Iglesia		
	INP		
Material	Concreto	1	3
	Madera/Caña	2	
	Mixto	3	
	Otro	4	
Número de pisos	5 o más	1	4
	3 - 4	2	
	2	3	
	1	4	
Alrededores	Muro/Tapia	1	
	½ muro o tapia	2	
	Nada	3	
Orientación	Detrás	1	2
	Lados	2	
	Frente	3	
Condiciones	Nuevo	1	5
	Medio	2	
	Viejo	3	
Diseño piso inferior	Abierto con ventanales	2	
	Cerrado con ventanales	3	
	Objetos movibles	4	
Protección	Expuesto 4 lados	4	1
	Expuesto 3 lados o 2 siendo estos el frente y lateral	3	
	Expuesto 1 lado o 2 siendo 1 ellos frente o lateral	2	
	Protegido 3 lados siendo el único expuesto el opuesto al frente	1	
Distancia a la línea de costa	0 -100 m	5	6
	100-200 m	4	
	200-300 m	3	
	300-500 m	2	

Factor	Clase	Valor	Ponderación
	500 o más m	1	
Profundidad de Inundación (0-4.197m)	0 - 2	1	7
	2 - 4	2	
	4 - 6	3	
Estructuras protección línea de costa	Sin protección	3	
	Enrocados/rompeolas	2	
	Diques de protección	1	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 6
MATRIZ DE SAATY PARA OBTENCIÓN DE ORDEN DE FACTORES
POR SU IMPORTANCIA

	Material	Pisos	Orient.	Condición	Protecc.	Dist LC	Prof. Inun	% Importancia	Orden
Material	1	1/3	5	1/5	5	1/5	1/7	6,84	3
Pisos	3	1	7	1/3	7	1/3	1/5	11,60	4
Orient.	1/5	1/7	1	1/7	3	1/7	1/7	3,37	2
Condicion	5	3	7	1	7	1/3	1/3	17,06	5
Protecc.	1/5	1/7	1/3	1/7	1	1/9	1/9	2,09	1
Dist LC	5	3	7	3	9	1	1	27,72	6
Prof Inun	7	5	7	3	9	1	1	31,32	7
Totales	21,40	12,62	34,33	7,82	41,00	3,12	2,93	100,00	

1 = Igual de Importante

3 = Ligeramente más importante (1/3 Ligeramente menos importante)

5 = Más importante (1/5 Menos importante)

7 = Bastante importante (1/7 Bastante menos importante)

9 = Mucho más importante (1/9 Mucho menos importante)

Índice de consistencia	0,13
Consistencia aleatoria	1,32
Razón de inconsistencia	10%

Fuente: Investigación de campo
 Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 7
CALIFICACIÓN DEL ESTADO DE LAS EDIFICACIONES EN EL ÁREA
DE ESTUDIO SEGÚN DATOS CENSO INEC 2010

Tipo de vivienda	Estado de las paredes			
	1. Buenas	2. Regulares	3. Malas	Total
1. Casa/Villa	2876	3354	519	6749
2. Departamento en casa o edificio	566	129	8	703
3. Cuarto(s) en casa de inquilinato	77	100	29	206
4. Mediagua	54	221	40	315
5. Rancho	9	48	21	78
6. Covacha	1	10	19	30
7. Choza	1	4	-	5
8. Otra vivienda particular	5	5	1	11
Total	3589	3871	637	8097

Fuente: INEC, 2010

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 8
ESTIMACIONES DE DAÑOS A POBLACIÓN USANDO FUNCIONES DE
FRAGILIDAD EN AMANZANADOS CENSALES

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabili- dad máx.	Probabilida d promedio	Población máx. afectada	Población prom.
1028	5,16	3,05	194	0,85	0,30	1654	586
763	2,45	2,37	427	0,17	0,15	71	66
746	2,40	2,39	426	0,16	0,16	68	67
759	2,23	2,14	410	0,13	0,12	53	48
753	2,43	2,39	296	0,16	0,16	48	47
752	2,40	2,36	296	0,16	0,15	47	45
772	2,08	2,06	414	0,11	0,10	45	43
785	2,03	1,32	436	0,10	0,04	44	16
770	2,19	0,71	351	0,12	0,01	44	4
860	2,35	2,33	292	0,15	0,15	44	43
778	2,05	2,04	404	0,10	0,10	42	42
315	2,44	2,42	250	0,17	0,16	41	41
326	2,55	2,48	217	0,19	0,17	40	38
436	2,38	0,65	234	0,15	0,01	36	3
459	2,57	2,49	190	0,19	0,18	36	33
741	2,26	2,23	243	0,14	0,13	33	32
751	2,18	2,14	262	0,12	0,12	32	30
449	2,63	1,11	156	0,20	0,03	32	4
722	2,42	2,38	190	0,16	0,16	31	29
542	3,05	0,93	101	0,30	0,02	30	2
730	2,41	2,39	184	0,16	0,16	30	29
421	2,56	0,51	152	0,19	0,01	29	1
728	2,41	2,39	177	0,16	0,16	28	28
736	2,38	2,37	177	0,15	0,15	27	27
471	3,50	0,78	63	0,43	0,01	27	1
491	3,31	3,18	69	0,37	0,34	26	23
445	3,03	1,68	85	0,30	0,06	25	5
479	3,52	2,47	56	0,43	0,17	24	10
193	2,42	2,40	147	0,16	0,16	24	23
714	2,47	2,41	139	0,17	0,16	24	22
760	2,08	2,06	217	0,11	0,11	23	23
337	2,37	2,37	151	0,15	0,15	23	23
334	2,51	2,48	127	0,18	0,17	23	22
781	2,02	2,02	220	0,10	0,10	22	22
731	2,35	2,34	144	0,15	0,15	21	21
338	2,41	2,41	130	0,16	0,16	21	21
724	2,37	2,37	129	0,15	0,15	20	20
861	2,38	2,38	124	0,16	0,16	19	19
202	2,61	2,59	93	0,20	0,20	19	18
774	2,04	2,03	182	0,10	0,10	19	18
325	2,45	2,44	108	0,17	0,17	18	18
735	2,39	2,39	112	0,16	0,16	18	18
733	2,36	2,35	114	0,15	0,15	17	17
439	3,28	2,40	47	0,36	0,16	17	7
940	2,42	2,42	105	0,16	0,16	17	17
740	2,10	1,04	150	0,11	0,02	17	3
815	2,14	0,80	138	0,12	0,01	16	2
745	2,29	2,27	113	0,14	0,14	16	15
194	2,38	2,38	101	0,16	0,16	16	16
468	3,33	1,87	40	0,38	0,08	15	3

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabilidad máx.	Probabilidad promedio	Población máx. afectada	Población prom.
328	2,70	2,58	69	0,22	0,19	15	13
562	2,36	2,36	96	0,15	0,15	15	15
188	2,53	2,49	79	0,18	0,18	14	14
757	2,07	2,06	135	0,11	0,11	14	14
189	2,36	2,36	94	0,15	0,15	14	14
192	2,44	2,43	85	0,17	0,16	14	14
191	2,45	2,45	83	0,17	0,17	14	14
754	2,30	2,28	98	0,14	0,14	14	14
710	2,50	1,56	78	0,18	0,05	14	4
434	3,04	1,01	46	0,30	0,02	14	1
467	2,82	2,69	56	0,24	0,22	14	12
190	2,45	2,44	81	0,17	0,17	14	13
469	2,90	2,86	51	0,26	0,25	13	13
470	2,44	2,40	81	0,17	0,16	13	13
719	2,42	2,42	83	0,16	0,16	13	13
496	3,34	3,19	35	0,38	0,34	13	12
855	1,78	1,73	179	0,07	0,07	13	12
450	3,06	2,88	41	0,31	0,26	13	11
942	1,69	1,68	196	0,06	0,06	13	12
524	2,82	1,38	49	0,25	0,04	12	2
954	3,01	3,01	41	0,29	0,29	12	12
463	3,23	1,40	34	0,35	0,04	12	1
610	2,82	1,51	48	0,24	0,05	12	2
485	3,71	3,53	23	0,49	0,44	11	10
438	2,73	0,25	50	0,22	0,00	11	0
452	3,10	1,54	35	0,31	0,05	11	2
514	3,08	2,96	35	0,31	0,28	11	10
768	2,04	2,03	104	0,10	0,10	11	11
336	2,34	2,34	72	0,15	0,15	11	11
487	3,44	3,34	26	0,41	0,38	11	10
750	2,07	1,03	97	0,11	0,02	10	2
497	2,28	2,25	75	0,14	0,13	10	10
865	2,38	2,38	66	0,15	0,15	10	10
850	2,11	1,58	89	0,11	0,05	10	5
867	3,11	3,10	31	0,32	0,31	10	10
464	2,49	2,47	56	0,18	0,17	10	10
484	2,42	2,38	60	0,16	0,15	10	9
481	2,46	2,42	56	0,17	0,16	9	9
866	3,07	3,06	30	0,31	0,30	9	9
836	4,20	0,35	14	0,63	0,01	9	0
321	2,56	2,50	46	0,19	0,18	9	8
187	2,60	1,83	44	0,20	0,08	9	3
456	2,44	2,41	52	0,17	0,16	9	8
868	3,13	3,13	26	0,32	0,32	8	8
716	2,37	2,37	54	0,15	0,15	8	8
480	2,60	2,57	41	0,20	0,19	8	8
461	2,72	2,59	35	0,22	0,20	8	7
648	2,25	2,22	58	0,13	0,13	8	7
521	2,36	2,36	51	0,15	0,15	8	8
525	2,69	2,66	34	0,22	0,21	7	7
952	2,39	2,39	45	0,16	0,16	7	7
870	3,07	3,07	23	0,31	0,31	7	7
634	2,75	1,21	30	0,23	0,03	7	1
460	2,67	2,64	32	0,21	0,20	7	7
843	3,81	0,95	13	0,52	0,02	7	0
473	3,46	2,84	16	0,41	0,25	7	4

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabilidad máx.	Probabilidad promedio	Población máx. afectada	Población prom.
862	2,33	2,01	45	0,15	0,10	7	4
517	2,50	2,49	37	0,18	0,18	7	6
483	2,32	2,28	45	0,15	0,14	7	6
475	3,20	3,01	19	0,34	0,29	6	6
441	3,07	2,96	21	0,31	0,28	6	6
455	2,50	2,48	36	0,18	0,17	6	6
495	2,42	2,39	39	0,16	0,16	6	6
183	2,63	2,27	31	0,20	0,14	6	4
823	2,32	1,53	43	0,14	0,05	6	2
264	2,90	0,48	23	0,26	0,01	6	0
512	3,32	3,20	16	0,38	0,34	6	5
506	3,09	3,04	19	0,31	0,30	6	6
437	3,01	2,96	19	0,29	0,28	6	5
508	3,01	2,97	19	0,29	0,28	6	5
563	2,43	2,42	33	0,16	0,16	5	5
458	2,64	2,56	26	0,21	0,19	5	5
447	2,84	2,75	21	0,25	0,23	5	5
486	2,68	2,64	24	0,21	0,21	5	5
766	2,04	0,76	50	0,10	0,01	5	1
501	3,10	3,00	16	0,31	0,29	5	5
523	2,29	2,26	36	0,14	0,13	5	5
224	2,74	2,64	22	0,23	0,20	5	5
472	2,89	2,83	19	0,26	0,25	5	5
118	2,78	0,46	21	0,24	0,01	5	0
159	2,73	2,64	22	0,22	0,21	5	5
511	2,81	2,74	20	0,24	0,23	5	5
539	3,04	0,58	16	0,30	0,01	5	0
324	2,57	1,63	25	0,19	0,06	5	1
446	2,73	2,70	21	0,23	0,22	5	5
520	2,52	2,51	26	0,18	0,18	5	5
180	2,63	2,55	23	0,20	0,19	5	4
571	2,25	2,24	35	0,13	0,13	5	5
490	2,34	2,29	31	0,15	0,14	5	4
820	2,21	2,18	36	0,13	0,12	5	4
478	2,58	2,55	23	0,19	0,19	4	4
477	2,53	2,50	24	0,18	0,18	4	4
465	2,61	2,61	22	0,20	0,20	4	4
739	2,38	2,37	28	0,16	0,15	4	4
466	2,32	2,31	30	0,14	0,14	4	4
209	2,71	2,70	19	0,22	0,22	4	4
476	2,49	2,45	24	0,17	0,17	4	4
515	3,62	3,27	9	0,46	0,36	4	3
499	2,51	2,49	23	0,18	0,17	4	4
513	2,24	2,23	31	0,13	0,13	4	4
318	2,70	2,67	18	0,22	0,21	4	4
474	2,39	2,38	25	0,16	0,16	4	4
262	2,54	1,68	21	0,19	0,06	4	1
507	2,22	2,20	30	0,13	0,13	4	4
225	2,87	1,39	14	0,26	0,04	4	1
316	2,54	2,54	19	0,19	0,18	4	4
565	2,39	2,38	22	0,16	0,15	3	3
575	2,24	2,23	26	0,13	0,13	3	3
182	2,72	1,65	15	0,22	0,06	3	1
186	2,54	2,51	18	0,19	0,18	3	3
655	2,45	2,44	20	0,17	0,17	3	3
488	2,40	2,35	21	0,16	0,15	3	3

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabilidad máx.	Probabilidad promedio	Población máx. afectada	Población prom.
583	2,25	2,24	25	0,13	0,13	3	3
553	2,20	2,19	26	0,13	0,12	3	3
146	2,70	2,61	15	0,22	0,20	3	3
451	3,27	3,10	9	0,36	0,32	3	3
568	2,37	1,99	21	0,15	0,10	3	2
552	2,83	2,68	13	0,25	0,21	3	3
949	2,83	2,78	13	0,25	0,24	3	3
160	2,59	2,58	16	0,19	0,19	3	3
335	2,53	2,52	17	0,18	0,18	3	3
645	2,22	2,22	24	0,13	0,13	3	3
178	2,47	1,64	18	0,17	0,06	3	1
157	2,42	2,39	19	0,16	0,16	3	3
327	2,78	1,22	13	0,24	0,03	3	0
175	2,89	1,61	11	0,26	0,06	3	1
504	2,20	2,18	23	0,13	0,12	3	3
163	2,63	2,61	14	0,20	0,20	3	3
211	2,70	2,68	13	0,22	0,22	3	3
462	2,44	2,43	17	0,17	0,16	3	3
618	2,08	2,07	26	0,11	0,11	3	3
185	2,61	2,56	14	0,20	0,19	3	3
139	2,95	1,26	10	0,28	0,03	3	0
212	2,67	2,65	13	0,21	0,21	3	3
489	3,06	2,88	9	0,31	0,26	3	2
869	3,06	3,06	9	0,30	0,30	3	3
554	2,82	0,40	11	0,25	0,01	3	0
613	2,11	1,06	24	0,11	0,02	3	1
688	2,38	0,34	17	0,16	0,01	3	0
152	2,89	2,83	10	0,26	0,25	3	2
122	2,86	0,14	10	0,26	0,00	3	0
322	2,40	2,35	16	0,16	0,15	3	2
848	2,24	2,24	19	0,13	0,13	3	3
173	2,74	2,69	11	0,23	0,22	3	2
516	2,20	2,16	20	0,12	0,12	2	2
596	2,20	2,19	20	0,12	0,12	2	2
839	1,65	1,61	41	0,06	0,06	2	2
871	3,05	3,05	8	0,30	0,30	2	2
263	2,13	0,15	21	0,11	0,00	2	0
116	3,05	3,05	8	0,30	0,30	2	2
847	2,61	1,59	12	0,20	0,05	2	1
170	2,33	1,18	16	0,15	0,03	2	0
177	2,45	1,62	14	0,17	0,06	2	1
649	2,36	2,27	15	0,15	0,14	2	2
154	2,56	1,83	12	0,19	0,08	2	1
566	2,35	2,32	15	0,15	0,15	2	2
640	2,23	2,20	17	0,13	0,12	2	2
591	2,22	2,21	17	0,13	0,13	2	2
500	2,31	2,23	15	0,14	0,13	2	2
761	2,43	2,41	13	0,16	0,16	2	2
179	2,50	2,47	12	0,18	0,17	2	2
498	2,49	2,44	12	0,18	0,17	2	2
184	2,63	2,57	10	0,20	0,19	2	2
579	2,29	2,27	14	0,14	0,14	2	2
569	2,23	2,22	15	0,13	0,13	2	2
137	2,50	1,72	11	0,18	0,07	2	1
143	2,58	0,99	10	0,19	0,02	2	0
614	2,03	2,02	19	0,10	0,10	2	2

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabilidad máx.	Probabilidad promedio	Población máx. afectada	Población prom.
106	2,80	0,22	8	0,24	0,00	2	0
120	2,94	0,29	7	0,27	0,01	2	0
570	2,33	2,32	13	0,15	0,15	2	2
158	2,67	1,76	9	0,21	0,07	2	1
323	2,54	2,38	10	0,19	0,16	2	2
482	2,63	2,58	9	0,20	0,19	2	2
604	2,07	2,03	17	0,11	0,10	2	2
641	2,11	2,10	16	0,11	0,11	2	2
856	2,42	2,23	11	0,16	0,13	2	1
155	2,50	2,45	10	0,18	0,17	2	2
628	2,05	2,03	17	0,10	0,10	2	2
166	2,71	2,70	8	0,22	0,22	2	2
599	2,33	0,29	12	0,15	0,01	2	0
503	2,26	2,25	13	0,13	0,13	2	2
208	2,56	2,56	9	0,19	0,19	2	2
598	2,18	2,17	14	0,12	0,12	2	2
519	2,30	2,29	12	0,14	0,14	2	2
510	2,22	2,21	13	0,13	0,13	2	2
615	2,25	2,21	12	0,13	0,13	2	2
632	1,97	1,95	17	0,09	0,09	2	2
168	2,74	2,71	7	0,23	0,22	2	2
167	2,60	2,60	8	0,20	0,20	2	2
502	2,57	2,53	8	0,19	0,18	2	1
622	2,14	2,13	13	0,12	0,11	2	1
589	2,27	2,26	11	0,14	0,13	1	1
650	2,34	2,25	10	0,15	0,13	1	1
620	2,15	2,08	12	0,12	0,11	1	1
214	2,76	2,72	6	0,23	0,22	1	1
210	2,96	2,94	5	0,28	0,27	1	1
216	2,73	2,69	6	0,22	0,22	1	1
222	2,71	2,69	6	0,22	0,22	1	1
509	2,16	2,15	11	0,12	0,12	1	1
644	2,24	2,23	10	0,13	0,13	1	1
608	2,15	2,10	11	0,12	0,11	1	1
580	2,29	2,28	9	0,14	0,14	1	1
779	0,00	0,00	458	0,00	0,00	1	1
89	2,84	1,88	5	0,25	0,08	1	0
597	2,20	2,19	10	0,12	0,12	1	1
494	2,38	2,34	8	0,16	0,15	1	1
582	2,28	2,27	9	0,14	0,14	1	1
584	2,26	2,26	9	0,14	0,13	1	1
585	2,26	2,25	9	0,14	0,13	1	1
627	2,02	2,02	12	0,10	0,10	1	1
492	2,25	2,24	9	0,13	0,13	1	1
834	2,46	2,37	7	0,17	0,15	1	1
586	2,25	2,24	9	0,13	0,13	1	1
647	2,22	2,18	9	0,13	0,12	1	1
637	2,05	2,03	11	0,10	0,10	1	1
493	2,42	2,36	7	0,16	0,15	1	1
140	2,04	0,23	11	0,10	0,00	1	0
453	3,32	3,17	3	0,37	0,33	1	1
945	2,11	1,05	10	0,11	0,02	1	0
629	2,02	2,01	11	0,10	0,10	1	1
840	2,93	2,25	4	0,27	0,13	1	1
162	2,52	1,08	6	0,18	0,02	1	0
443	2,52	2,48	6	0,18	0,17	1	1

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabilidad máx.	Probabilidad promedio	Población máx. afectada	Población prom.
572	2,26	2,24	8	0,13	0,13	1	1
174	2,68	2,64	5	0,21	0,20	1	1
601	2,15	2,14	9	0,12	0,12	1	1
621	2,05	2,05	10	0,10	0,10	1	1
522	2,31	2,31	7	0,14	0,14	1	1
319	2,60	2,60	5	0,20	0,20	1	1
320	2,60	2,58	5	0,20	0,19	1	1
638	2,07	2,06	9	0,11	0,11	1	1
642	1,98	1,98	10	0,10	0,09	1	1
111	2,79	0,55	4	0,24	0,01	1	0
567	2,25	2,25	7	0,13	0,13	1	1
147	2,76	2,68	4	0,23	0,21	1	1
590	2,23	2,22	7	0,13	0,13	1	1
132	2,37	1,17	6	0,15	0,03	1	0
602	2,17	2,16	7	0,12	0,12	1	1
651	2,43	2,43	5	0,16	0,16	1	1
623	2,03	2,03	8	0,10	0,10	1	1
917	2,25	1,12	6	0,13	0,03	1	0
578	2,24	2,24	6	0,13	0,13	1	1
574	2,24	2,23	6	0,13	0,13	1	1
588	2,24	2,23	6	0,13	0,13	1	1
577	2,21	2,20	6	0,13	0,13	1	1
213	2,84	2,77	3	0,25	0,23	1	1
258	2,34	1,55	5	0,15	0,05	1	0
653	2,19	2,19	6	0,12	0,12	1	1
505	2,78	2,70	3	0,24	0,22	1	1
171	2,49	1,22	4	0,18	0,03	1	0
605	2,02	2,02	7	0,10	0,10	1	1
636	2,47	2,32	4	0,17	0,15	1	1
217	2,74	2,73	3	0,23	0,22	1	1
149	2,72	2,69	3	0,22	0,22	1	1
633	1,96	1,93	7	0,09	0,09	1	1
564	2,38	2,38	4	0,16	0,15	1	1
612	2,04	2,04	6	0,10	0,10	1	1
672	2,19	0,55	5	0,12	0,01	1	0
858	1,92	0,66	7	0,09	0,01	1	0
161	2,59	2,59	3	0,20	0,20	1	1
607	2,13	2,12	5	0,11	0,11	1	1
581	2,27	2,27	4	0,14	0,14	1	1
134	2,94	2,93	2	0,27	0,27	1	1
603	2,51	2,15	3	0,18	0,12	1	0
646	2,23	2,23	4	0,13	0,13	1	1
594	2,21	2,21	4	0,13	0,13	1	1
593	2,21	2,18	4	0,13	0,12	1	0
630	2,00	1,98	5	0,10	0,10	0	0
125	2,79	2,71	2	0,24	0,22	0	0
663	2,11	1,05	4	0,11	0,02	0	0
576	2,30	2,30	3	0,14	0,14	0	0
626	2,04	2,03	4	0,10	0,10	0	0
624	2,03	2,03	4	0,10	0,10	0	0
156	2,63	2,30	2	0,20	0,14	0	0
181	2,53	2,52	2	0,18	0,18	0	0
169	2,51	2,51	2	0,18	0,18	0	0
838	1,63	1,60	5	0,06	0,06	0	0
573	2,32	2,31	2	0,15	0,14	0	0
656	2,88	2,08	1	0,26	0,11	0	0

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabili- dad máx.	Probabilida d promedio	Población máx. afectada	Población prom.
592	2,22	2,21	2	0,13	0,13	0	0
595	2,21	2,19	2	0,13	0,12	0	0
150	2,72	2,68	1	0,22	0,21	0	0
164	2,67	2,66	1	0,21	0,21	0	0
864	0,00	0,00	75	0,00	0,00	0	0
619	2,04	2,03	2	0,10	0,10	0	0
531	0,00	0,00	53	0,00	0,00	0	0
425	0,00	0,00	52	0,00	0,00	0	0
950	2,29	2,29	1	0,14	0,14	0	0
129	2,28	0,57	1	0,14	0,01	0	0
587	2,25	2,24	1	0,13	0,13	0	0
670	2,23	1,50	1	0,13	0,05	0	0
675	2,18	0,73	1	0,12	0,01	0	0
812	0,00	0,00	41	0,00	0,00	0	0
625	2,06	2,05	1	0,11	0,10	0	0
800	0,00	0,00	30	0,00	0,00	0	0
448	0,00	0,00	29	0,00	0,00	0	0
863	0,00	0,00	29	0,00	0,00	0	0
431	0,00	0,00	25	0,00	0,00	0	0
831	0,00	0,00	24	0,00	0,00	0	0
797	0,00	0,00	19	0,00	0,00	0	0
530	0,00	0,00	18	0,00	0,00	0	0
457	0,00	0,00	17	0,00	0,00	0	0
200	0,00	0,00	16	0,00	0,00	0	0
635	0,00	0,00	15	0,00	0,00	0	0
846	0,00	0,00	14	0,00	0,00	0	0
883	0,00	0,00	14	0,00	0,00	0	0
606	0,00	0,00	11	0,00	0,00	0	0
924	0,00	0,00	11	0,00	0,00	0	0
108	0,00	0,00	10	0,00	0,00	0	0
844	0,00	0,00	10	0,00	0,00	0	0
124	0,00	0,00	9	0,00	0,00	0	0
141	0,00	0,00	9	0,00	0,00	0	0
204	0,00	0,00	9	0,00	0,00	0	0
828	0,00	0,00	9	0,00	0,00	0	0
442	0,00	0,00	8	0,00	0,00	0	0
113	0,00	0,00	6	0,00	0,00	0	0
144	0,00	0,00	6	0,00	0,00	0	0
267	0,00	0,00	6	0,00	0,00	0	0
845	0,00	0,00	5	0,00	0,00	0	0
105	0,00	0,00	4	0,00	0,00	0	0
130	0,00	0,00	4	0,00	0,00	0	0
205	0,00	0,00	4	0,00	0,00	0	0
609	0,00	0,00	2	0,00	0,00	0	0
136	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0
153	2,74	2,66	0	0,23	0,21	0	0
172	2,62	2,61	0	0,20	0,20	0	0
199	2,68	2,66	0	0,21	0,21	0	0
201	2,63	2,61	0	0,20	0,20	0	0
203	2,54	2,52	0	0,19	0,18	0	0
206	2,69	2,66	0	0,22	0,21	0	0
207	2,90	2,83	0	0,26	0,25	0	0
215	2,96	1,81	0	0,28	0,08	0	0
218	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0
223	2,60	2,59	0	0,20	0,19	0	0
256	2,33	1,54	0	0,15	0,05	0	0

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabilidad máx.	Probabilidad promedio	Población máx. afectada	Población prom.
257	2,49	2,42	0	0,17	0,16	0	0
268	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0
317	2,55	1,90	0	0,19	0,09	0	0
518	2,55	2,55	0	0,19	0,19	0	0
600	2,18	2,18	0	0,12	0,12	0	0
611	2,05	2,04	0	0,10	0,10	0	0
616	2,04	2,04	0	0,10	0,10	0	0
617	2,13	2,11	0	0,12	0,11	0	0
631	2,01	2,01	0	0,10	0,10	0	0
639	2,09	2,08	0	0,11	0,11	0	0
643	1,99	1,99	0	0,10	0,10	0	0
652	2,25	2,25	0	0,13	0,13	0	0
654	2,34	2,31	0	0,15	0,14	0	0
818	2,12	1,06	0	0,11	0,02	0	0
835	2,27	2,25	0	0,14	0,13	0	0
837	2,50	1,29	0	0,18	0,03	0	0
975	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0
980	2,53	2,42	0	0,18	0,16	0	0
981	2,38	1,77	0	0,16	0,07	0	0
992	2,11	2,11	0	0,11	0,11	0	0
999	3,01	2,96	0	0,29	0,28	0	0
1000	2,29	2,27	0	0,14	0,14	0	0
1005	2,29	2,29	0	0,14	0,14	0	0
1006	2,22	2,22	0	0,13	0,13	0	0
1007	2,34	1,52	0	0,15	0,05	0	0
1008	2,38	2,38	0	0,16	0,16	0	0
1010	2,17	2,12	0	0,12	0,11	0	0
1011	2,46	1,22	0	0,17	0,03	0	0
1015	1,68	1,68	0	0,06	0,06	0	0
1016	1,54	1,54	0	0,05	0,05	0	0
1017	1,58	1,58	0	0,05	0,05	0	0
1019	1,76	1,72	0	0,07	0,07	0	0
1020	2,31	2,31	0	0,14	0,14	0	0
1029	2,81	2,80	0	0,24	0,24	0	0
1030	2,38	2,32	0	0,15	0,15	0	0
1031	2,37	2,31	0	0,15	0,14	0	0
1032	2,89	2,83	0	0,26	0,25	0	0
1033	3,05	2,66	0	0,30	0,21	0	0
1034	2,21	2,21	0	0,13	0,13	0	0
1035	2,99	2,94	0	0,29	0,27	0	0
1036	2,85	2,85	0	0,25	0,25	0	0
1037	2,83	2,83	0	0,25	0,25	0	0
1038	3,17	3,05	0	0,33	0,30	0	0
1039	2,77	2,77	0	0,23	0,23	0	0
1040	5,16	2,66	0	0,85	0,21	0	0
1041	2,70	2,63	0	0,22	0,20	0	0
1042	2,48	2,44	0	0,17	0,17	0	0
1043	2,34	2,20	0	0,15	0,13	0	0
1044	3,90	2,59	0	0,54	0,20	0	0
1045	2,00	1,99	0	0,10	0,10	0	0
1046	2,01	1,99	0	0,10	0,10	0	0
1047	1,97	1,97	0	0,09	0,09	0	0
1048	3,16	2,89	0	0,33	0,26	0	0
1049	1,94	1,91	0	0,09	0,09	0	0
1050	2,52	1,73	0	0,18	0,07	0	0
1051	2,10	1,00	0	0,11	0,02	0	0

OBJECTID_3	Inundación Máx.	Inundación Media	Pob.	Probabili- dad máx.	Probabilida d promedio	Población máx. afectada	Población prom.
1052	4,18	2,54	0	0,62	0,19	0	0
1053	2,02	0,76	0	0,10	0,01	0	0
1054	2,09	2,09	0	0,11	0,11	0	0
1055	2,09	2,09	0	0,11	0,11	0	0
1056	2,10	0,57	0	0,11	0,01	0	0
1057	1,87	1,25	0	0,08	0,03	0	0
1058	1,61	0,40	0	0,06	0,01	0	0
1059	2,09	1,07	0	0,11	0,02	0	0
1060	1,60	1,27	0	0,06	0,03	0	0
1062	1,51	1,05	0	0,05	0,02	0	0
1063	1,66	1,64	0	0,06	0,06	0	0
1064	1,50	0,50	0	0,05	0,01	0	0
1065	1,63	1,55	0	0,06	0,05	0	0
1066	2,10	0,03	0	0,11	0,00	0	0
1067	4,19	2,07	0	0,63	0,11	0	0
1069	4,89	0,97	0	0,80	0,02	0	0
1070	2,57	2,53	0	0,19	0,18	0	0
TOTAL			18859			4259	2619

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 9

ESTIMACIONES DE DAÑOS EN EDIFICACIONES USANDO FUNCIONES DE FRAGILIDAD EN SECTORES CENSALES

Código	Total Edificaciones	Con paredes malas y regulares	Porcentaje de edificaciones con paredes malas y regulares	Inundación Máx.	Inundación Media	% máx. Daño Edificaciones	% medio Daño Edificaciones	Edificaciones afectadas con Inund. máx	Edificaciones afectadas con Inund. media
240350001004	200	24	12,00	5,37	2,07	0,98	0,20	197	40,97
240350007003	159	111	69,81	3,10	0,86	0,54	0,03	86	4,52
240350006007	235	180	76,60	2,50	2,23	0,33	0,25	78	58,36
240350006005	234	179	76,50	2,43	2,32	0,31	0,27	72	64,27
240350003009	135	93	68,89	3,04	0,09	0,52	0,00	70	0,65
240350006006	215	166	77,21	2,40	2,34	0,30	0,28	65	60,55
240350006009	214	167	78,04	2,38	1,44	0,29	0,08	63	17,66
240350006008	201	151	75,12	2,41	2,22	0,30	0,25	61	49,34
240350002009	138	90	65,22	2,82	0,88	0,44	0,03	61	4,14
240350008001	191	153	80,10	2,46	2,40	0,32	0,30	61	57,04
240350006004	190	152	80,00	2,46	0,86	0,32	0,03	60	5,44
240350002007	152	75	49,34	2,63	2,16	0,37	0,23	57	34,95
240350005001	66	22	33,33	4,16	0,81	0,85	0,03	56	1,70
240350004004	71	32	45,07	3,87	2,56	0,78	0,35	56	24,93
240350005010	103	65	63,11	3,01	0,08	0,51	0,00	52	0,48
240350005004	64	43	67,19	3,78	1,50	0,76	0,09	49	5,89
240350003001	89	56	62,92	3,07	1,24	0,53	0,06	47	5,27
240350006001	144	128	88,89	2,42	1,53	0,31	0,10	44	13,76
240350006003	206	189	91,75	2,08	2,05	0,21	0,20	43	41,09
240350002008	120	60	50,00	2,54	1,02	0,34	0,04	41	4,67
240350004009	78	42	53,85	3,04	0,35	0,52	0,01	40	0,71

Código	Total Edificaciones	Con paredes malas y regulares	Porcentaje de edificaciones con paredes malas y regulares	Inundación Máx.	Inundación Media	% máx. Daño Edificaciones	% medio Daño Edificaciones	Edificaciones afectadas con Inund. máx	Edificaciones afectadas con Inund. media
240350008002	117	87	74,36	2,50	2,45	0,33	0,31	39	36,83
240350002010	85	25	29,41	2,84	2,00	0,45	0,19	38	15,97
240350004005	51	14	27,45	3,71	2,48	0,74	0,32	38	16,55
240350009001	72	27	37,50	3,05	1,57	0,52	0,10	37	7,38
240350003002	71	42	59,15	3,06	0,49	0,53	0,01	37	0,90
240350006002	181	143	79,01	2,04	0,67	0,20	0,02	36	3,50
240350008003	88	57	64,77	2,63	2,50	0,37	0,33	33	29,02
240350006010	140	91	65,00	2,17	0,33	0,23	0,01	32	1,24
240350004006	52	12	23,08	3,23	2,78	0,59	0,42	30	22,05
240350009003	66	15	22,73	2,76	2,34	0,42	0,28	28	18,56
240350004007	44	17	38,64	3,32	1,50	0,61	0,09	27	4,01
240350009005	53	12	22,64	2,80	0,08	0,43	0,00	23	0,25
240350009004	50	16	32,00	2,86	0,14	0,46	0,01	23	0,27
240350005006	105	47	44,76	2,11	0,08	0,22	0,00	23	0,50
240350008010	57	30	52,63	2,68	0,59	0,39	0,02	22	0,91
240350002002	67	39	58,21	2,50	2,33	0,33	0,28	22	18,56
240350008004	53	13	24,53	2,72	2,04	0,41	0,20	22	10,45
240350009002	43	13	30,23	2,87	1,60	0,46	0,11	20	4,63
240350004003	31	5	16,13	3,31	3,01	0,61	0,51	19	15,68
240350007008	53	22	41,51	2,55	0,24	0,35	0,01	18	0,37
240350008009	43	17	39,53	2,78	1,18	0,42	0,05	18	2,27
240350002006	51	19	37,25	2,53	2,38	0,34	0,29	17	14,91
240350001008	60	15	25,00	2,33	2,23	0,28	0,25	17	14,97
240350009011	35	5	14,29	2,90	0,61	0,47	0,02	16	0,59

Código	Total Edificaciones	Con paredes malas y regulares	Porcentaje de edificaciones con paredes malas y regulares	Inundación Máx.	Inundación Media	% máx. Daño Edificaciones	% medio Daño Edificaciones	Edificaciones afectadas con Inund. máx	Edificaciones afectadas con Inund. media
240350005005	65	21	32,31	2,19	0,25	0,24	0,01	15	0,47
240350004001	39	7	17,95	2,64	2,45	0,38	0,32	15	12,31
240350001006	33	2	6,06	2,84	1,53	0,45	0,10	15	3,16
240350001005	34	13	38,24	2,79	1,61	0,43	0,11	15	3,68
240350009006	40	10	25,00	2,60	1,06	0,36	0,04	14	1,68
240350001009	47	7	14,89	2,39	2,22	0,30	0,25	14	11,57
240350009010	37	17	45,95	2,59	1,12	0,36	0,05	13	1,76
240350001007	28	4	14,29	2,88	2,14	0,46	0,22	13	6,28
240350001010	41	15	36,59	2,45	2,32	0,31	0,27	13	11,25
240350002001	40	16	40,00	2,46	2,26	0,32	0,26	13	10,25
240350999001	12	2	16,67	6,64	1,27	1,00	0,06	12	0,74
240350004002	27	2	7,41	2,83	2,59	0,44	0,36	12	9,71
240350002004	33	9	27,27	2,34	2,19	0,28	0,24	9	7,81
240350008005	26	7	26,92	2,55	0,17	0,35	0,01	9	0,15
240350002005	31	19	61,29	2,32	2,24	0,27	0,25	9	7,78
240350001002	32	3	9,38	2,26	2,08	0,26	0,21	8	6,63
240350007009	21	2	9,52	2,46	0,86	0,32	0,03	7	0,60
240350007011	30	9	30,00	2,11	0,05	0,21	0,00	6	0,13
240350005002	7	2	28,57	3,93	1,41	0,80	0,08	6	0,55
240350005003	6	0	0,00	4,20	1,37	0,86	0,07	5	0,44
240350001003	18	2	11,11	2,22	2,12	0,24	0,22	4	3,93
240350001001	22	4	18,18	2,03	1,97	0,20	0,18	4	4,00
240350002003	12	3	25,00	2,19	2,13	0,24	0,22	3	2,66
240350007004	158	111	70,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,60

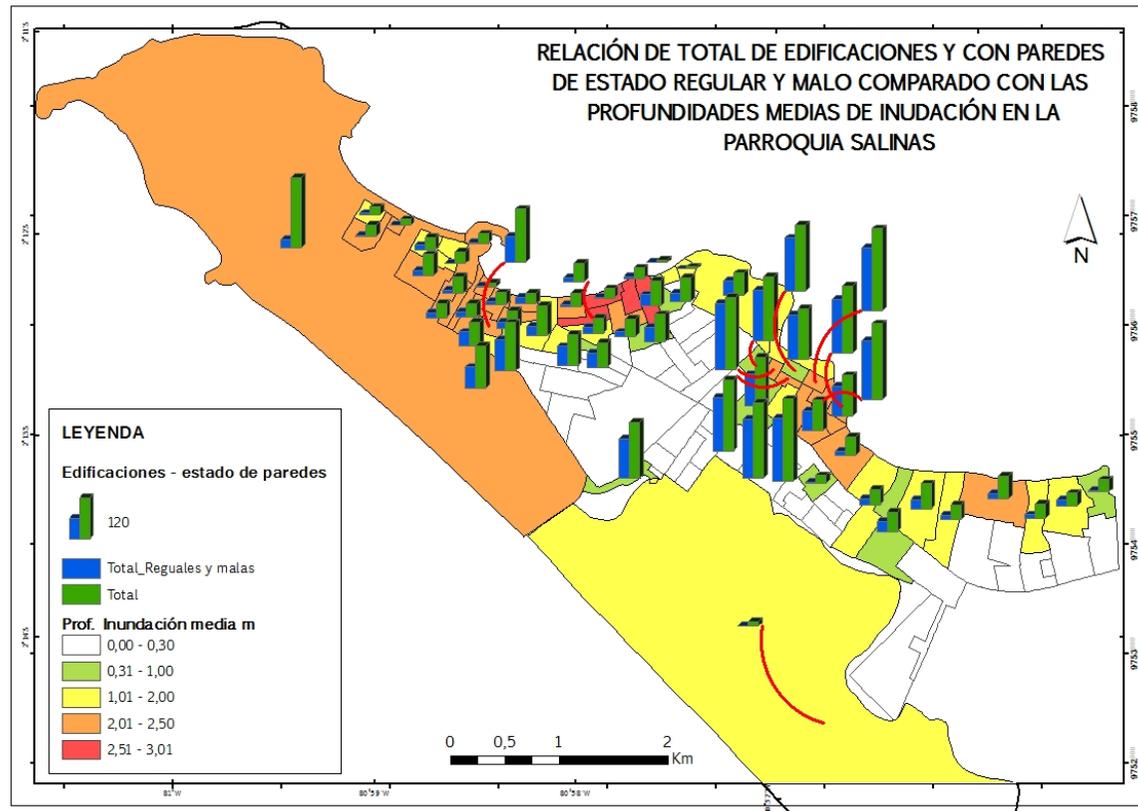
Código	Total Edificaciones	Con paredes malas y regulares	Porcentaje de edificaciones con paredes malas y regulares	Inundación Máx.	Inundación Media	% máx. Daño Edificaciones	% medio Daño Edificaciones	Edificaciones afectadas con Inund. máx	Edificaciones afectadas con Inund. media
240350003011	156	108	69,23	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,59
240350003006	141	88	62,41	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,54
240350007002	137	98	71,53	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,52
240350003005	135	85	62,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,51
240350007001	123	100	81,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,47
240350003010	116	86	74,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,44
240350004008	115	58	50,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,44
240350007005	114	85	74,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,43
240350005007	99	45	45,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,38
240350005009	94	50	53,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,36
240350003007	92	46	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,35
240350009012	89	33	37,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,34
240350005008	88	53	60,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,33
240350004011	84	49	58,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,32
240350003003	77	43	55,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,29
240350004010	75	40	53,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,28
240350003004	74	38	51,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,28
240350003008	68	41	60,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,26
240350009009	63	29	46,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,24
240350005011	61	20	32,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,23
240350006011	60	15	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,23
240350008011	57	11	19,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,22
240350009007	40	2	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,15
240350007007	40	9	22,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,15

Código	Total Edificaciones	Con paredes malas y regulares	Porcentaje de edificaciones con paredes malas y regulares	Inundación Máx.	Inundación Media	% máx. Daño Edificaciones	% medio Daño Edificaciones	Edificaciones afectadas con Inund. máx	Edificaciones afectadas con Inund. media
240350007010	37	7	18,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,14
240350009008	32	2	6,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,12
240350007006	31	2	6,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,12
240350008008	27	5	18,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,10
240350008007	25	7	28,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,09
240350008006	21	3	14,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,08
240350008012	14	2	14,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,05
TOTAL								2237	854

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

ANEXO N° 10

VIVIENDAS CON ESTADO DE PAREDES REGULAR Y MALO EN ZONAS DE PROFUNDIDADES DE INUNDACIÓN MEDIA



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Oce. Vera San Martín Teresa, MSc.

BIBLIOGRAFÍA

- Adriano, B., Mas, E., Koshimura, S., Estrada, M., & Jiménez, C. (2014).** Scenarios of Earthquake and Tsunami Damage Probability in Callao Region, Peru Using Tsunami Fragility Functions. *Journal of Disaster Research*, 9(6), 968–975. Retrieved from <http://www.fujipress.jp/finder/xslt.php?mode=present&inputfile=DSSTR000900060008.xml>
- Arreaga, P. (INOCAR), & Koshimura, S. (Tohoku University, J. (2015).** *Tsunami Inundation Modeling and Hazard Mapping of the South Coast of Ecuador* (Synopses of Master Papers 2014/2015). Tsukuba, Japan.
- Bobadilla de la Torre, C. D. (2005).** Curvas de fragilidad y evaluación rápida de la vulnerabilidad de estructuras. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/1735>
- Charvet, I., Suppasri, A., Kimura, H., Sugawara, D., & Imamura, F. (2015).** A multivariate generalized linear tsunami fragility model for Kesenuma City based on maximum flow depths, velocities and debris impact, with evaluation of predictive accuracy. *Natural Hazards*, 79(3), 2073–2099. <http://doi.org/10.1007/s11069-015-1947-8>
- Chlieh, M., Avouac, J.-P., Hjorleifsdottir, V., Song, T.-R. A., Ji, C., Sieh, K., Galetzka, J. (2007).** Coseismic Slip and Afterslip of the Great Mw 9.15 Sumatra-Andaman Earthquake of 2004. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97(1A), S152–S173. <http://doi.org/10.1785/0120050631>

- Cruz, M., Acosta, M., & Vásquez, N. (2005).** Riesgos por tsunami en la Costa Ecuatoriana. Retrieved August 25, 2016, from [http://www.ipgh.gob.ec/documentos/recursos/Riesgos Tsunami Costa ecuatoriana.pdf](http://www.ipgh.gob.ec/documentos/recursos/Riesgos%20Tsunami%20Costa%20ecuatoriana.pdf)
- Dall'Oso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G., & Dominey-Howes, D. (2009).** A revised (PTVA) model for assessing the vulnerability of buildings to tsunami damage. *Natural Hazards Earth System Science*, 9, 1557–1565. Retrieved from <http://nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1557/2009/nhess-9-1557-2009.pdf>
- Delgado, A., & López, J. (2009).** *Creación de un Manual que Permita Medir la Presión en Centros Turísticos de Playa en el Ecuador: Caso Salinas*. Guayaquil.
- Departamento de Ciencias del Mar, C. de A. de T. (2011).** *Diagnóstico de la Amenaza tsunamigénica de las costas ecuatorianas*. Guayaquil.
- Dominey-Howes, D., Dunbar, P., Varner, J., & Ppathoma-Köhle, M. (2010).** Estimating probable maximum loss from a Cascadia tsunami. *Natural Hazards*, 53(1), 43–61. <http://doi.org/10.1007/s11069-009-9409-9>
- Dominey-Howes, D., & Ppathoma, M. (2007).** Validating a Tsunami Vulnerability Assessment Model (the PTVA Model) Using Field Data from the 2004 Indian Ocean Tsunami. *Natural Hazards*, 40(1), 113–136. <http://doi.org/10.1007/s11069-006-0007-9>
- Espinoza, J. (1990).** Posibles Efectos de un Tsunami en las Costas de la Península de Santa Elena – Ecuador. Guayaquil.

- Espinoza, J. (1992).** Terremotos tsunamigénicos en el Ecuador. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 7(1), 21–28.
- ESPOL. (2010).** Sistema de Información Geográfica de Amenazas y Usos de Suelos de Once Puntos Vulnerables de la Faja Costera del Ecuador. Guayaquil.
- Graf, W. P., Lee, Y., & Eguchi, R. T. (2014).** New Lifelines Damage and Loss Functions for Tsunami. In *Tenth U.S. National Conference on Earthquake Engineering Frontiers of Earthquake Engineering* (p. 11). Anchorage. Retrieved from <https://nees.org/resources/11332/download/10NCEE-000350.pdf>.
- Hurtado, L. & Rodríguez, M.(n.d.).** Estudio de Capacidad de la playa Punta Carnero del Cantón Salinas y Propuestas para mejorar su desarrollo turístico. FIMCM-ESPOL.
- INEC. (2010).** CPV Interactivo para Investigadores y Académicos: Glosario de Términos Censales*.
- INOCAR. (2016).** Tabla II.- Predicción Diaria de Mareas en el Ecuador. Retrieved August 25, 2016, from http://www.inocar.mil.ec/mareas/TM/2016/LA_LIBERTAD.pdf
- Kaiser, G., Scheele, L., Kortenhaus, A., Løvholt, F., Römer, H., & Leschka, S. (2011).** The influence of land cover roughness on the results of high resolution tsunami inundation modeling. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11(9), 2521–2540. <http://doi.org/10.5194/nhess-11-2521-2011>
- Koshimura, S., Namegaya, Y., & Yanagisawa, H. (2009).** Tsunami Fragility – A New Measure to Identify Tsunami Damage –. *Journal of*

Disaster Research, 4(6), 479–488. Retrieved from http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/people/koshimura/paper/Paper_03.pdf

Koshimura, S., Oie, T., Yanagisawa, H., & Imamura, F. (2009). Developing Fragility Functions For Tsunami Damage Estimation Using Numerical Model and Post-Tsunami Data From Banda Aceh, Indonesia. *Coastal Engineering Journal*, 51(No. 3), 243–273. Retrieved from Coastal Engineering Journal,

Leelawat, N., Suppasri, A., Charvet, I., & Imamura, F. (2014). Building damage from the 2011 Great East Japan tsunami: quantitative assessment of influential factors. *Natural Hazards*, 73(2), 449–471. <http://doi.org/10.1007/s11069-014-1081-z>

Leone, F., Lavigne, F., Paris, R., Denain, J.-C., & Vinet, F. (2011). A spatial analysis of the December 26th, 2004 tsunami-induced damages: Lessons learned for a better risk assessment integrating buildings vulnerability. *Applied Geography*, 31(1), 363–375. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.07.009>

Macabuag, J., Lloyd, T., & Rossetto, T. (2014). Towards the development of a method for generating analytical Tsunami Fragility Functions. In *Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology* (p. 12). Istanbul. Retrieved from http://www.eaee.org/Media/Default/2ECCES/2ecces_eaee/299.pdf

Mas, E., Koshimura, S., Suppasri, A., Matsuoka, M., Matsuyama, M., Yoshii, T., ... Imamura, F. (2012). Developing Tsunami fragility curves using remote sensing and survey data of the 2010 Chilean Tsunami in Dichato. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12(8), 2689–2697. <http://doi.org/10.5194/nhess-12-2689-2012>

- Murao, O., & Nakazato, H. (2013).** Vulnerability functions for buildings based on damage survey Data in Sri Lanka after the 2004 Indian Ocean tsunami. Retrieved from <http://dl.lib.mrt.ac.lk/handle/123/9194>
- Okada, Y. (1985).** Surface Deformation due to Shear and Tensile Faults in a Half-Space. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 75(4), 1135–1154. Retrieved from http://www.bosai.go.jp/study/application/dc3d/download/Okada_1985_BSSA.pdf
- Omira, R., Baptista, M. A., Miranda, J. M., Toto, E., Catita, C., & Catalão, J. (2009).** Tsunami vulnerability assessment of Casablanca-Morocco using numerical modelling and GIS tools. *Natural Hazards*, 54(1), 75–95. <http://doi.org/10.1007/s11069-009-9454-4>
- Papathoma, M., & Dominey-Howes, D. (2003).** Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (, 733–747. Retrieved from <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/3/733/2003/nhess-3-733-2003.pdf>
- Papathoma, M., Dominey-Howes, D., Zong, Y., & Smith, D. (2003).** Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete, 3(5), 377–389. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00299047>
- Quizanga Martinez, D. M. (2006).** *Curvas de fragilidad para las diferentes zonas sísmicas del Ecuador e influencia del refuerzo transversal. SANGOLQUÍ / ESPE / 2006.* Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/1753>

- Reck, G. (2006).** *Estudio de la Oferta y demanda turística y carga aceptable de acuerdo a limitaciones actuales y escenarios de desarrollo de infraestructura y servicios de 17 playas de las Provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas y El Oro.* Quito.
- Reese, S., Bradley, B., Bind, J., Smart, G., Power, W. & Sturman, J. (2011).** Empirical building fragilities from observed damage in the 2009 South Pacific tsunami. *Earth Science Reviews*, 107, 156–173. <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.009>
- Sánchez, G. (n.d.).** Jerarquización Analítica. In *Técnicas Participativas para la Planeación* (pp. 167–182).
- SETEDIS. (2013).** *Capa de Georeferenciación de personas discapacitadas a nivel nacional.*
- Sotomayor, T. (2011).** *Desarrollo Local y Turismo del cantón Salinas 2010.* Universidad de Guayaquil.
- Suppasri, A., Koshimura, S., & Imamura, F. (2010).** Tsunami Fragility Curves and Structural Performance of Building along the Thailand Coast. In *8 th International Workshop on Remote Sensing for Disaster Management* (p. 20). Retrieved from http://www.enveng.titech.ac.jp/midorikawa/rsdm2010_pdf/05_anawat_ppt.pdf
- Suppasri, A., Koshimura, S., & Imamura, F. (2011).** Developing tsunami fragility curves on the satellite remote sensing and the numerical modeling of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 173–189. <http://doi.org/10.5194/nhess-11-173-2011>

- Suppasri, A., Koshimura, S., Matsuoka, M., Gokon, H., & Kamthonkiat, D. (2012).** Application of Remote Sensing for Tsunami Disaster. In *Remote Sensing of Planet Earth*. InTech. <http://doi.org/10.5772/32136>
- Vera, L. (2014).** Análisis de serie de tiempo del oleaje frente a Salinas-Ecuador y su relación con el potencial energético.
- Vera, L., Lucero, M., & Mindiola, M. (2009).** Caracterización Oceanográfica de la costa central ecuatoriana.... Retrieved from <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/category/17-acta-oceanografica-del-pacifico-vol-15-n-1-2009>
- Vera, T. (2015).** Tsunami Damage Estimation in Esmeraldas , Ecuador Using Tsunami Fragility Functions. GRIPS-BRI.
- Wiebe, D. M., & Cox, D. T. (2013).** Application of fragility curves to estimate building damage and economic loss at a community scale: a case study of Seaside, Oregon. *Natural Hazards*, 71(3), 2043–2061. <http://doi.org/10.1007/s11069-013-0995-1>
- Yanagisawa, H., Koshimura, S., Yagi, Y., Fujii, Y., Shoji, G., & Jiménez, C. (2011).** The tsunami Vulnerability assessment in Peru using the Index of Potential Tsunami Exposure. In *8CUEE CONFERENCE PROCEEDINGS* (p. 5). Tokyo, Japan.
- Zamora, M. C. (2015).** Estudio de actualización del inventario de atractivos turísticos y su incidencia en el desarrollo del sector turístico del cantón Salinas de la provincia de Santa Elena para el periodo de diciembre 2014 a abril 2015. Universidad Internacional SEK.