



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**ESTIMACIÓN DEL PELIGRO Y VULNERABILIDAD ANTE
TSUNAMIS MEDIANTE EL MODELAMIENTO EN EL DISTRITO DE
PUERTO ETEN, 2019**

PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL

Autor:

Vallejos Carrillo, Roberto Alonso

Asesora:

Mg. Flores Mino Betty Esperanza

Línea de Investigación:

Cambio Climático y Ordenamiento Territorial

**Chiclayo – Perú
2020**

**ESTIMACIÓN DEL PELIGRO Y VULNERABILIDAD ANTE TSUNAMIS
MEDIANTE EL MODELAMIENTO EN EL DISTRITO DE PUERTO ETEN, 2019**

Firma del asesor y jurado de tesis

Mg. Betty Esperanza Flores Mino
ASESORA

Mg. Enrique Santos Nauca Torres
PRESIDENTE

Ing. Jorge Tomas Cumpa Vásquez
SECRETARIO

Mg. Betty Esperanza Flores Mino
VOCAL

Dedicatoria

Agradezco a los docentes de la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Lambayeque, por haber impartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi formación profesional, de manera especial, a la ingeniera Betty Flores Mino por haberme guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Roberto Alonso

Agradecimiento

Agradezco a dios por haberme guiado en el camino de la felicidad a cada uno de los que son parte de mi familia. A mi madre Lucy Adelaida Carrillo Santiago, a mi padre Roberto Orlando Vallejos Cortez, a mi hermano y hermanas; y a mi tía Nisse Yolanda Carrillo Santiago por siempre haberme dado fuerza y apoyo condicional quienes me ayudaron y llevaron hasta donde estoy ahora. Por último, a mis amigos de la Universidad de Lambayeque y a mi asesora de tesis quien me ayudo en todo momento.

Roberto Alonso

Resumen

El presente trabajo propone la pregunta ¿Con que estimación del peligro y vulnerabilidad ante tsunamis se modelara en mapas en el distrito de Puerto Eten, 2019?, el cual, el objetivo general es estimar el peligro y vulnerabilidad ante tsunami mediante la matriz de Saaty en distrito de Puerto Eten, 2019, la metodología fue del manual para la evaluación del riesgo originados por tsunami CENEPRED, determinándose el factor condicionante y desencadenante a través de la matriz Saaty, los resultados fueron determinar el factor condicionante: pendiente del terreno mediante la matriz de Saaty, determinar el factor desencadenante: intensidad de tsunami mediante la matriz de Saaty, el modelo de propagación de tsunami a través de diagrama de refracción y la matriz de peligro y por último elaborar mediante el modelamiento mapas de: inundación, de pendiente, diagrama de refracción, de ruta de escape, de zona segura, de vulnerabilidad social-fragilidad y de vulnerabilidad total en el distrito de Puerto Eten, 2019, concluyendo en que se halló el vector suma ponderado o vector ponderado teniendo la suma de 26.712 y promedio de 5.342 y los índices y relación de consistencia fueron de 0.086 (IC) y 0.077 (RC) y el índice y relación de consistencia fue de 0.008 (IC) y 0.007 (RC), el modelo de propagación de tsunami a través de diagrama de refracción con los siguientes resultados: ubicación: norte del Perú de 1960, magnitud del sismo: 7.8 Mw, eje mayor (km): 186.21, eje menor (km): 91.98, radio eje mayor (mt): 93,105.00 y radio de eje menor (mt): 45,991.70 y se obtuvieron como resultados los siguientes niveles: muy alto: entre 0.236 a 0.438, nivel alto: entre 0.116 a 0.236, nivel medio: entre 0.052 a 0.116 y nivel bajo: entre 0.033 y 0.052, en el distrito de Puerto Eten, 2019.

Palabras clave: Vulnerabilidad, Peligro, Tsunami.

Abstract

This paper proposes the question with what estimate of the danger and vulnerability to tsunamis will be modeled in maps in the district of Puerto Eten, 2019?, Which, the general objective is to estimate the danger and vulnerability to tsunami through the Saaty matrix in district of Puerto Eten, 2019, the methodology was from the manual for the evaluation of the risk originated by tsunami CENEPRED, determining the conditioning and triggering factor through the Saaty matrix, the results were to determine the conditioning factor: slope of the land through the matrix of Saaty, determine the triggering factor: tsunami intensity using the Saaty matrix, the tsunami propagation model through the refraction diagram and the hazard matrix and finally, elaborate by modeling maps of: flood, slope, diagram of refraction, escape route, safe zone, social vulnerability-fragility and total vulnerability in the district of Puerto Eten, 2019, concluding that the weighted sum vector or weighted vector was found having the sum of 26,712 and an average of 5,342 and the indexes and consistency relationship were 0.086 (IC) and 0.077 (RC) and the index and relationship of consistency was 0.008 (IC) and 0.007 (RC), the tsunami propagation model through a refraction diagram with the following results: location: northern Peru in 1960, earthquake magnitude: 7.8 Mw, major axis (km) : 186.21, minor axis (km): 91.98, major axis radius (mt): 93,105.00 and minor axis radius (mt): 45,991.70 and the following levels were obtained as results: very high: between 0.236 to 0.438, high level: between 0.116 to 0.236, medium level: between 0.052 to 0.116 and low level: between 0.033 and 0.052, in the district of Puerto Eten, 2019.

Keywords: Vulnerability, Danger, Tsunami.

Índice

Resumen.....	V
Abstract	VI
Índice de tablas	VIII
Índice de figuras.....	IX
I. Introducción	1
II. Marco teórico.....	4
2.1. Antecedentes bibliográficos.....	4
2.2. Bases teóricas.....	9
2.3. Definición de términos básicos.....	27
2.4. Hipótesis	28
III. Materiales y métodos	28
3.1 Variables y operacionalización	28
3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación	30
3.3. Población y muestra en estudio.....	30
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5. Procesamiento de datos y análisis estadístico.....	31
IV. Resultados.....	32
V. Discusión.....	54
VI. Conclusiones.....	55
VII. Recomendaciones	56
VIII. Referencias bibliográficas.....	57

Índice de tablas

Tabla N° 1. <i>Intensidad de tsunami (Soloviev)</i>	12
Tabla N° 2. <i>Escala de grados de sunamis según Inamura</i>	13
Tabla N° 3. <i>Escala de grados de tsunami según Iida</i>	13
Tabla N° 4. <i>Escala de grados de tsunami según Inamura y Iida, transcrita por Wiegel</i>	14
Tabla N° 5. <i>Escala de magnitud local o de Richer</i>	15
Tabla N° 6. <i>Comparación de magnitud / intensidad, según USGS</i>	15
Tabla N° 7. <i>Escala sismológica de Mercalli modificada</i>	16
Tabla N° 8. <i>Distancias horizontales y altura respecto al nivel del mar de Pimentel, Santa Rosa y Puerto Eten</i>	25
Tabla N° 9. <i>Operacionalización de variables</i>	29
Tabla N° 10. <i>Tabla de comparación de pares</i>	32
Tabla N° 11. <i>Tabla de matriz de normalización</i>	33
Tabla N° 12. <i>Tabla del vector suma ponderado</i>	34
Tabla N° 13. <i>Tabla hallando λ_{max}</i>	34
Tabla N° 14. <i>Resultado de índice de consistencia y relación de consistencia</i>	35
Tabla N° 15. <i>Tabla de factor desencadenante: intensidad de tsunami</i>	36
Tabla N° 16. <i>Tabla de matriz de normalización</i>	37
Tabla N° 17. <i>Tabla del vector suma ponderado</i>	38
Tabla N° 18. <i>Tabla hallando el λ_{max}</i>	38
Tabla N° 19. <i>Resultado de índice de consistencia y relación de consistencia</i>	39
Tabla N° 20. <i>Cálculo de elipse</i>	41
Tabla N° 21. <i>Tabla de matriz de peligro</i>	42
Tabla N° 22. <i>Tabla de factor condicionante</i>	43
Tabla N° 23. <i>Tabla de factor desencadenante</i>	44
Tabla N° 24. <i>Tabla de pesos o factor desencadenante y condicionante</i>	44
Tabla N° 25. <i>Tabla de pesos o factores de peligro</i>	45
Tabla N° 26. <i>Tabla de nivel y rango de vulnerabilidad</i>	45

Índice de figuras

<i>Figura N° 1.</i> Modelo de elevación digital, topografía y batimetría para el Perú.....	11
<i>Figura N° 2.</i> La clasificación del peligro puede ser generada por fenómenos de origen natural o inducidos por la acción humana.....	19
<i>Figura N° 3.</i> Características de un tsunami en altamar y cerca de la costa	20
<i>Figura N° 4.</i> Fases físicas para la generación del tsunami	21
<i>Figura N° 5.</i> Propagación de un tsunami.....	21
<i>Figura N° 6.</i> Mapa de inundación para la zona de Puerto Eten. La paleta de colores muestra la altura de la inundación en metros	25
<i>Figura N° 7.</i> Flujograma de elaboración de cartografía	46
<i>Figura N° 8.</i> Mapa de inundación del distrito de Puerto Eten.....	47
<i>Figura N° 9.</i> Mapa de pendiente del distrito de Puerto Eten.....	48
<i>Figura N° 10.</i> Mapa de diagrama de refracción de Puerto Eten.....	49
<i>Figura N° 11.</i> Mapa de ruta de escape del distrito de Puerto Eten.....	50
<i>Figura N° 12.</i> Mapa de zona segura del distrito de Puerto Eten.....	51
<i>Figura N° 13.</i> Mapa de vulnerabilidad social-fragilidad del distrito de Puerto Eten	52
<i>Figura N° 14.</i> Mapa de vulnerabilidad total	53

I. Introducción

En la antigüedad, el término tsunami era utilizado para referirse a las olas producidas por huracanes y temporales que podían entrar tierra adentro, pero estas no dejaban de ser olas superficiales producidas por el viento, el 26 de diciembre de 2004, se realizó muchas investigaciones para aprender sobre el pasado y origen del tsunami. Los investigadores descubrieron una cueva natural en el océano Índico de 2004 revelado huellas de olas gigantes que se remontan a unos 7.500 años, la cueva natural de piedra caliza por casualidad, ubicada a 200 yardas de la costa cerca de Banda Aceh. situada a unos tres pies por encima de la marea hasta las rodillas (Jones, 2018).

Cada país de la cuenca del Pacífico, tiene un centro nacional de alerta de tsunamis, que coordina con el sistema internacional la emisión de las alertas, también existe el centro de alerta de tsunamis de la costa oeste/Alaska excepto Hawái, en el caso de Europa existe el centro sísmológico euromediterráneo y el sistema australiano de alerta de tsunami en colaboración entre la oficina australiana de meteorología (Oficina), Geoscience Australia (GA) y el departamento de asuntos interiores (asuntos de interior) que proporciona un sistema integral de advertencia de tsunami en Australia. (Natgeo, 2017)

En la costa norte del Perú en las zonas de subducción, la placa de Nazca se introduce debajo de la placa Sudamericana, con un ángulo desde los 10° y un ángulo máximo de 15° de profundidad a 100 km de kilómetro en toda la costa norte. En la superficie de contacto entre estas placas se producen los sismos más fuertes y más peligrosos en la población, el 20 de junio de 1907 se produjo de intensidad 6 un fuerte sismo en Chiclayo, Lambayeque, Olmos y Ciudad Eten de grado 4; el 20 de noviembre de 1960 a las 22:02 UTC se generó un sismo con una magnitud de 7.6 Mw. El epicentro del sismo fue ubicado en el mar, frente a Piura (Latitud = -5.6° , Longitud = -80.9°). Después de una hora de ocurrido el sismo arribó al litoral del departamento de Lambayeque un maremoto con una primera ola de 9 metros de altura, produciendo daños severos en los puertos de Pimentel y Eten, así como en las caletas de Santa Rosa y San José. Este maremoto produjo la inundación de la isla de Lobos ubicado a los 16 km frente al puerto de Pimentel. Las demás olas fueron de menor tamaño e intensidad perjudicando a los pescadores de los distritos mencionados por la presencia de oleajes anómalos, es probable que este tsunami se haya generado por deslizamiento de material submarino perdiendo estabilidad debido al movimiento sísmico. La ubicación del distrito de Puerto Eten y su morfología circundante la hacen muy susceptible a diversos fenómenos naturales tales como

inundaciones por lluvias intensas o desbordamiento de ríos, deslizamientos y flujos de lodo, sismos y tsunamis. (DHNP, 2018)

Uno de los problemas principales en el distrito de Puerto Eten, se centra en que las viviendas urbanas y rurales se encuentran ubicados cerca a la costa del pacifico sur y del rio Eten, convirtiéndose en zonas vulnerables a sismos, temblores, terremotos, maremotos y tsunamis; ya que el municipio otorga licencias municipales (predial, de construcción, etc.) sin respetar el tema urbanístico. Sumado a ello se observa el desinterés de las autoridades ya que no existe un plan de prevención y reducción de riesgo de desastres, plan de preparación, plan de operaciones de emergencia, plan de educación comunitaria, plan de rehabilitación, plan de contingencia e informes de evaluación de riesgo ante desastres naturales, sumado a ello, además sus partidas presupuestales son designadas solamente a obras públicas dentro del distrito. A esto se observan serias deficiencias de gestión ambiental para enfrentarlas, como riesgos de oportunidad de desarrollo y, que su impacto se dará en diversos bienes y servicios vulnerables en diversos aspectos como el ambiental, político, económico, social y turístico, observando la falta de conocimiento, conciencia sobre la gestión de riesgos y desinterés sobre el tema, acarreado daños a la población del distrito, así como sus casas, parques, centros recreacionales, entre otros, conllevando a la carencia presupuestal, debido a que sus partidas presupuestales no son adecuadamente designadas para la gestión de riesgos en obras publicas dentro del distrito, a esto se suma a que los equipos técnicos municipales en temas de ordenamiento territorial o gestión de riesgos, no brindan una adecuada importancia, dependiendo de instituciones públicas mayores como INDECI, IGP, CENEPRED, MVCS, MINDEF, MININTER, PRODUCE, el centro nacional de alerta de tsunami, marina de guerra del Perú, entre otros que brindan apoyo en temas de gestión en riesgos ante tsunami; otro aspecto importante está el tema de reconstrucción mediante el cual publican bases, teniendo como fin destinado solo en construcción de las zonas vulneradas u afectadas por el fenómeno del niño costero (FEM) realizado en los meses de enero a agosto del 2017.

Actualmente Puerto Eten presenta alrededor de 06 playas ubicadas en la costa norte oeste del pacifico, las cuales son a continuación: playa ensueño de coordenadas 624952.90E y 9233923.48S, playa el muelle de coordenadas 625197.41E y 9233495.98S, playa la mesa de coordenadas 625452.64E y 9232420.41S, playa la farola de coordenadas 625224.16E y 9231846.61S, playa media luna de coordenadas 625686.73E y 9231489.23S y playa los barracones de coordenadas 626333.13E y 9231011.61S. (Gutiérrez, 2018)

La presente investigación respondió al siguiente objetivo general: estimar el peligro y vulnerabilidad ante tsunami mediante la matriz de Saaty en distrito de Puerto Eten, 2019, del

cual desprenden los siguientes objetivos específicos: determinar el factor condicionante: pendiente del terreno mediante la matriz de Saaty, determinar el factor desencadenante: intensidad de tsunami mediante la matriz de Saaty, el modelo de propagación de tsunami a través de diagrama de refracción y la matriz de peligro; y por último elaborar mediante el modelamiento mapas de: inundación, de pendiente, diagrama de refracción, de ruta de escape, de zona segura, de vulnerabilidad social-fragilidad y de vulnerabilidad total en el distrito de Puerto Eten, 2019, la cual se desprenden las siguientes hipótesis: hipótesis alternativa (ha): se logró conocer los niveles de vulnerabilidad, hipótesis nula (ho): no se logró conocer los niveles de vulnerabilidad, ante esto, la presente investigación se justificó debido a que identificó las zonas vulnerables que permitieron identificar los riesgos ante un tsunami, utilizando la matriz de Saaty, según el manual para la evaluación del riesgo por tsunami y el manual para la elaboración de riesgos originados por fenómenos naturales, segunda edición del CENEPRED. La importancia de estudio se centra en aplicar la matriz de Saaty en diversos campos académicos bajo un aproximado de estimación en la cual es un proceso para encontrar algún propósito a través del factor condicionante y desencadenante llegando a los niveles de peligro que en conjunto la vulnerabilidad se da a través de la dimensión social el cual se enfoca la matriz de Saaty en grupo etareo, mejor dicho, el rango de edades.

La presente investigación se limitó en que la estimación provocado con un riesgo son las consecuencias potenciales de un desastre en base a la identificación del peligro el cual sería el grupo etareo comprendido por los siguientes factores: de 0 a 3 años y mayor 65 años, de 4 a 12 años y 60 a 64 años, de 13 a 15 años y 50 a 59 años, de 16 a 29 años y de 30 a 49 años según el manual para la evaluación del riesgo por tsunami CENEPRED (pag.59) y al análisis de la vulnerabilidad se elaboraría a través de una matriz de peligro resultando de nivel muy alto, alto, medio y bajo.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes bibliográficos

A nivel internacional.

Velasco, E. y López, G. (2016). *Marco conceptual para investigaciones tsunamigénicas: caso litoral pacífico colombiano*. Boletín de geología, 38(4): 79-106. El objetivo principal de esta investigación fue dar las bases conceptuales necesarias para abordar investigaciones focalizadas a la caracterización de la amenaza por tsunami, verificar el estado del arte y determinar las necesidades investigativas futuras. Toda adecuada realización de investigaciones en paleo-tsunamis debe ser multi-disciplinaria, y compilar, obtener y analizar información geológica, geomorfológica, biológica, antropológica, arqueológica e histórica, lo más detallada posible, concluyendo que igualmente se deben realizar investigaciones históricas, antropológicas, biológicas y geológicas que muestren la existencia o no de paleo-tsunamis a lo largo de la costa pacífica colombiana, con el rigor y esmero que se requiere, sobre todo en cuanto a la caracterización, identificación y ubicación geográfica de la evidencia física encontrada en el terreno, para así poder determinar con exactitud la extensión y alcance reales de eventos de tsunamis pasados, y así corroborar, verificar y corregir cualquier modelo computacional existente, tanto de inundación como de propagación de tsunamis para una región costera específica, discutiendo que, morfológicamente el 75% de la costa pacífica está representada por bajos topográficos susceptibles a inundaciones de origen marino.

Gonzales, R. *et al.* (2014). *Integrated tsunami vulnerability and risk assessment: application to the coastal area of El Salvador natural hazards and earth system sciences*. 10(14), 1223–1244 el objetivo principal de este trabajo fue proporcionar un método *directo* para facilitar su implementación, abordando la complejidad y la variabilidad de los sistemas humano-naturales acoplados (SHN) mediante un enfoque integral para cubrir todo el proceso desde la evaluación de riesgos hasta la gestión de riesgos; un enfoque integrado para combinar y agregar la información derivada de las diferentes dimensiones; generando diferentes mapas de peligro a lo largo de la costa de El Salvador, concluyendo que la complejidad y la variabilidad de los sistemas humano-naturales acoplados (SHN) mediante un enfoque integral para cubrir todo el proceso desde la evaluación de riesgos a la gestión del riesgo; un enfoque integrado para combinar y agregar la información derivada de los diferentes dimensiones; y un enfoque dinámico y dependiente de la escala para integrar las consideraciones de variabilidad espacio-temporal; resultando que en total, 6557 edificios están expuestos en el oeste de la llanura costera, 26% de ellos incluidos entre los importantes clases de daños y fallas parciales.

González-Riancho, R. y Aliaga, B. (2014). *A contribution to the selection of tsunami human vulnerability indicators: conclusions from tsunami impacts in Sri Lanka and Thailand (2004), Samoa (2009), Chile (2010) and Japan (2011)* 10(14), 1223–1244, siendo el objetivo principal de esta investigación la de validar, a luz de los eventos pasados del tsunami, con indicadores propuestos actualmente por la comunidad científica al medir la vulnerabilidad humana, mejorando su definición y selección, así como analizar su validez para diferentes perfiles de desarrollo del país. Los eventos analizados son los 2011 gran tsunami de Tohoku, el tsunami chileno de 2010, el tsunami de Samoa de 2009 y el tsunami del Océano Índico de 2004, concluyendo los autores están de acuerdo en algunos indicadores como la edad, sexo, *analfabetismo*, discapacidad, edificios críticos, número de pisos, etc., capturan aspectos que afectan de alguna manera la preparación y la respuesta a tal evento, por ejemplo, redes de coordinación, sensibilización social, etc. Aunque los distintos autores proponen y aplican diferentes indicadores según el alcance disponible, de exposición y vulnerabilidad generados en varios países (Japón, Chile, Samoa, Sri Lanka) y Tailandia) La validación se basa en la comparación de los censos oficiales pre y post tsunami. Los resultados confirman que la edad más vulnerable son los ancianos y los niños; sin embargo, los primeros tienen una tasa de mortalidad mucho más alta que los niños; Las tasas son especialmente altas para grupos de edad mayores de 60 años y aumentan. Siendo su objetivo en resaltar la exposición humana permanente y temporal, la primera requiere algunos modelos numéricos de riesgo, mientras que la segunda está relacionada con los medios de vida específicos del sitio, las tradiciones culturales y los roles de género.

Montenegro, T. y Peña, F. (2014). *Gestión de la emergencia ante eventos de inundación por tsunami en Chile: el caso de puerto Saavedra*, concluyen que el riesgo de inundación por tsunami en el asentamiento urbano de puerto Saavedra es máximo (69%) debido *principalmente* a las características geomorfológicas del territorio, alta densidad poblacional e infraestructura expuesta al riesgo, vulnerabilidad de las construcciones y la presencia de la mayoría de los servicios en áreas de alto riesgo.

Ramos, G. y Recalde, V. (2013). *Generación de mapas de vulnerabilidad para deslizamientos, inundaciones y tsunamis a escala 1:10000, en la zona urbana del cantón San Vicente, provincia de Manabí, utilizando herramientas geoinformáticas y propuesta de diseño de un plan de gestión de riesgos (tesis de pregrado)*. Universidad de las fuerzas armadas ESPE, Canabí, siendo su objetivo en generar cartografía temática a escala 1:10.000, que muestre las zonas de vulnerabilidad por deslizamientos, inundaciones y tsunami en la zona urbana del cantón San Vicente, provincia de Manabí, utilizando herramientas geo informáticas, y

proponer el diseño de un plan de gestión de riesgos, concluyendo en que para realizar un análisis de vulnerabilidad no es necesario basarse solo en la información catastral, este tipo de análisis se lo puede conseguir con visitas de campo y entrevistas a la comunidad ya que esto nos ayuda a obtener una perspectiva más real del problema.

Ecuador han desarrollado una matriz de vulnerabilidad cuantitativa y cualitativa, para cada una de las vulnerabilidades propuestas y han elaborado una propuesta de diseño de un plan de gestión de riesgos, concluyeron que la localización de las áreas vulnerables de la zona urbana del cantón San Vicente, se obtuvieron mediante la elaboración de las matrices de vulnerabilidad para cada amenaza y la fotointerpretación generó el mapa de amenazas, obteniendo una localización de los deslizamientos, flujos de lodo y valles, además, el área de influencia de inundaciones; estos mapas fueron validados por el municipio del Cantón San Vicente.

A nivel nacional.

Jimenez Arrunategui J. (2018), en su investigación *Estimación del peligro y vulnerabilidad ante tsunamis mediante el modelamiento del distrito de Chilca - 2018*, en esta investigación tuvo como objetivo evaluar la relación entre el peligro y la vulnerabilidad ante tsunami del distrito de Chilca – 2018, usando la matriz de saaty para la obtención de los resultados mismos.

Moreno (2017), en su investigación *Modelado numérico del maremoto de Lambayeque 1960*, en esta investigación tuvo como objetivo efectuar el estudio de la dinámica del maremoto del 20 de noviembre de 1960 en la ciudad de Lambayeque (noroeste del Perú), usando el modelo numérico de simulación de maremotos y validar los resultados con la información registrada in situ para este evento.

Instituto geofísico del Perú (2016) en su investigación *Peligro por sismos y tsunamis en la localidad de Cerro Azul 2* (3), 6-11 afirman que la característica principal en esta ciudad es que sus suelos, en el 80% donde se asienta la zona urbana, presentan altas amplificaciones en el rango de periodos de 0.4 y 0.7 segundos. Sobre esta zona predominan velocidades (V_s) bajas de ondas de corte (130 m/s a 200 m/s) para capas superficiales con espesores de entre 10 y 40 metros y valores bajos de resistividad (2 a 50 ohm.m) asociados al alto nivel freático, proximidad al litoral y la infiltración del agua de mar, la cual hace uso de registros de vibraciones ambientales tomados en 110 puntos obtenidos en el área urbana de Cerro Azul, permitió conocer el periodo fundamental de respuesta del suelo y estimar las amplificaciones máximas relativas que experimentaría el suelo ante la ocurrencia de un evento sísmico.

Ayala, M. (2016), en su investigación *Propuesta metodológica para el ordenamiento ambiental de la zona costera - marina del área metropolitana de Lima – Callao*, (tesis de pregrado). UNMSM. Lima, en la presente investigación tuvo como objetivo proponer una metodología de ordenamiento ambiental para la zona costero-marina de Lima metropolitana, y en este marco, el diagnóstico integral de los tres subsistemas: físico-natural, socioeconómico-cultural y marco legal e institucional de la actual ocupación espacial. Asimismo, se establecen las áreas que presentan conflictos de uso del suelo, las zonas ambientalmente críticas y la zonificación de suelo para el desarrollo urbano según condiciones generales de uso. Se propone alternativas de solución a la actual problemática ambiental y lineamientos de política ambiental para el desarrollo integral de las zonas de playa.

Núñez S., *et al.* (2014), en su investigación *Estudio geoambiental de la cuenca Chancay-Lambayeque*, INGEMMET, 33(C) 56 pp afirman que el 20 de noviembre de 1960 un tsunami afectó a la zona litoral comprendida entre Pimentel y Eten Puerto, donde el mar invadió hasta 200 m hacia el continente, afectó seriamente a los balnearios de Pimentel, Santa Rosa y Eten Puerto.

García, E. (2014), en su investigación *Estudio de los tsunamis en las costas de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna* (tesis de pregrado) UNI. Lima, tuvo como objetivo determinar el tiempo de llegada de la primera ola a las costas de: Chala, Islay, Mollendo, Mejía y Boca del Río; la altura de la ola del tsunami, así como la selección de rutas de evacuación. Con estos parámetros se delimitaron primero la zona de inundación, luego se estima el tiempo crítico para la población que se encuentra dentro de la zona de inundación pueda evacuar y por último la selección de los lugares que servirán a la población como refugios de emergencia, si está dentro de la zona inundable y refugios temporales si están fuera de la zona.

A nivel local.

Nanfuñay, (2015), en su tesis *Vulnerabilidad sísmica en el distrito de Ciudad Eten Aplicando índices de vulnerabilidad (Benedetti-Petrini)*; tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas ubicadas en el distrito de ciudad Eten, a fin de implementar medidas que permitan reducir la vulnerabilidad y contribuir de esta forma a mejorar el desarrollo sostenible de la población. Las ciudades que se encuentran en zonas de amenazas sísmicas media y alta han crecido de una forma incontrolable, aumentando el riesgo de sufrir grandes pérdidas en vidas humanas y materiales como consecuencia de un evento sísmico o terremoto, las cuales en una de sus conclusiones en la metodología aplicada ha

permitido evaluar las edificaciones, obteniendo zonas de vulnerabilidad sísmica para edificaciones de adobe, albañilería y concreto armado en el distrito de ciudad Eten.

Benavides, (2012), en su tesis *Aplicación del análisis del riesgo (ADr) en el proceso de planificación para el desarrollo rural sostenible en el distrito de Ciudad Eten*, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, tuvo como objetivo generar un conocimiento sistémico sobre la vulnerabilidad del distrito de Ciudad Eten, que conlleve al diseño de políticas y estrategias efectivas, con la finalidad de reducir el riesgo y contribuir al desarrollo rural sostenible, concluyendo que la identificación, clasificación, localización y análisis del riesgo del territorio utilizando metodologías participativas y criterios pre –establecidos de valoración, ha permitido generar conocimiento sobre el nivel de vulnerabilidad, por grado de exposición, fragilidad y resiliencia, del territorio, clasificando las diferentes zonas territoriales de acuerdo al nivel de vulnerabilidad que acumulan y determinar el nivel de vulnerabilidad territorial del distrito; como diseñar estrategias y medidas para gestionar el riesgo y garantizar la sostenibilidad del territorio que conllevaría al desarrollo rural sostenible del distrito.

INDECI, (2003), realizó el *Plan de prevención ante desastres: uso del suelo y medidas de mitigación ciudad de Puerto Eten*, tuvo como uno de sus objetivos diseñar una propuesta de mitigación con el fin de orientar las políticas y acciones de la municipalidad distrital de Eten y otras instituciones vinculadas al desarrollo urbano de la ciudad, teniendo en cuenta criterios de seguridad física ante peligros naturales y antrópicos; e identificando sectores críticos mediante la estimación de los niveles de riesgo. Esto comprende una evaluación de peligros y de vulnerabilidad en el ámbito de estudio, se recoge en una de sus conclusiones, en formular el plan de ordenamiento urbano de la ciudad de Puerto Eten a partir de la visión metropolitana, incluyendo las recomendaciones del presente estudio, que debe constituirse en uno de los insumos principales del plan.

INDECI, (2003), en su *Mapa de peligros de la ciudad de Eten*, propone como objetivo formular un mapa de peligros de la ciudad de Eten, así como sus zonas de expansión. Dichos estudios servirán de base para la posterior formulación de los planes de prevención: usos del suelo y medidas de mitigación de la ciudad de Eten. A su vez comprenderán: identificar las áreas de las ciudades mencionadas anteriormente que se encuentran amenazadas por los fenómenos naturales, identificando, clasificando y evaluando los peligros que pueden ocurrir en ellas. Identificar las áreas más aptas para la expansión y densificación de la ciudad de Eten, desde el punto de vista de la seguridad física del asentamiento y de la prevención de desastres y establecer pautas técnicas y recomendaciones en sistemas constructivos adecuados e identificación de proyectos de mitigación, entre la cuales, en una de sus conclusiones afirman

que es prioritario se habiliten drenajes o alcantarillas bajo la carretera Eten – Puerto Eten, a efectos que el agua no se acumule y se dirija a puntos topográficos más bajos de manera tal que las aguas que puedan darse por acumulación debido a precipitaciones pluviales no afecten y puedan discurrir hacia la zona oeste, pasando por debajo de la carretera. Que de no mejorarse ocasionaría la erosión y/o destrucción de las viviendas precarias, el colapso del sistema de alcantarillado y el deterioro de las calles pavimentadas.

INDECI, (2003), en su mapa de peligros de Puerto Eten, propone como objetivo formular el mapa de peligros de la ciudad de Puerto Eten, así como sus zonas de expansión. Dichos estudios servirán de base para la posterior formulación de los planes de prevención: usos del suelo y medidas de mitigación de la ciudad de Puerto Eten.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Zona vulnerable

Las zonas vulnerables son aquellas que se encuentran expuestas a eventos naturales o antrópicos, pudiendo afectar diversos usos del lugar. Gutierrez (2018)

2.2.1.1. zona vulnerable alto

Es aquella zona en donde se encuentra muy expuesta ante un eventual evento natural o antrópico. Gutiérrez (2018)

2.2.1.2. zona vulnerable medio

Es aquella zona en donde se encuentra medianamente expuesta ante un eventual evento natural o antrópico. Gutiérrez (2018)

2.2.1.3. zona vulnerable bajo

Es aquella zona en donde se encuentra poco expuesta ante un eventual evento natural o antrópico. Gutiérrez (2018)

2.2.2. Factores condicionantes

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, contribuyen de manera favorable o no al desarrollo del tsunami, así como su distribución espacial (CENEPRED, 2015)

Entre los factores condicionantes referentes a tsunami son los siguientes:

2.2.2.1. distancia a la línea de costa

Es la línea de costa a la línea en la superficie de la tierra que define el límite entre el mar y la tierra firme. Históricamente ha sido uno de los principales elementos registrados por la cartografía, debido al límite que la línea de costa ha representado para el desarrollo de las actividades humanas. Mareas: el mar cubre extensiones variables dependiendo de la altura de la marea.

Límite incierto entre el mar y los ríos en las desembocaduras: el límite entre un río y el mar es incierto, por ejemplo, en estuarios o en deltas, donde tanto la profundidad del lecho del río como la composición de sus aguas son muy variables y se mezclan gradualmente en una región muy amplia.

La precisión utilizada en su determinación: dependiendo de la resolución que se quiera alcanzar en la determinación de la línea de costa, ésta puede ser más o menos abrupta. Este concepto determina diferencias importantes en la medida de la longitud de la línea de costa: si se mide la longitud de una costa con una resolución de 1 km se obtendrá un valor considerablemente menor que si se utiliza un mapa más detallado, con una resolución de unas decenas de metros. Esta propiedad de la línea de costa le confiere un carácter fractal.

2.2.2.2. batimetría

Para Jerson y David (2010) la batimetría es el conjunto de técnicas para la medición de las profundidades del mar, ríos, etc. para determinar la topografía del fondo del mar. Los mapas o cartas batimétricos normalmente muestran el relieve del fondo o terreno como isogramas, y brindan información adicional de navegación en superficie.

Por otra parte, las variaciones en las formas y las pendientes de la batimetría submarina cercana a la línea de costa influyen directamente en el potencial de energía del tsunami, ocurriendo amplificación o atenuación de las ondas.

Dependiendo de la topografía y batimetría litoral, el tsunami puede manifestarse como una marea viva, una gigantesca ola a punto de reventar o una gran masa espumosa que avanza sin que nada la detenga. Sin embargo, en circunstancias reales, el tsunami interactúa con la batimetría y topografía del océano en el cual se propaga, modificando su forma. La respuesta local ante el arribo de tsunamis (es decir, las modificaciones impuestas a la forma del tsunami por la batimetría y topografía de la localidad a la que éste arriba) ha sido ampliamente estudiada y calculada, inclusive se han identificado varias localidades que tienden a entrar en resonancia ante el arribo de un tsunami.

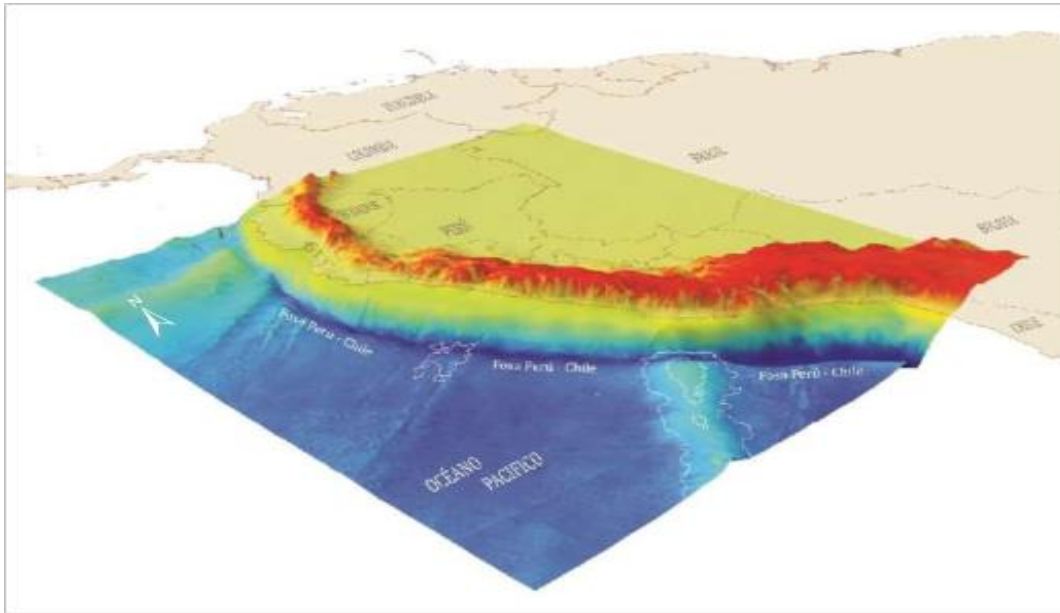


Figura 1. Modelo de elevación digital, topografía y batimetría para el Perú

Fuente: Dinámica y modelado numérico de un tsunami en el terminal portuario del callao y zonas adyacentes

2.2.2.3. pendiente del terreno

Podríamos definir la pendiente del terreno en un punto dado como el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. Es, en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo.

Cuando el tsunami se acerca a la costa su velocidad disminuye. La longitud de onda también disminuye, con lo que la pendiente de la ola -más altura en menos distancia- crece amenazadoramente. La ola puede romper si la pendiente supera un límite. Si la costa tiene una pendiente muy suave el tsunami se manifiesta como una “marea rápida”, en la que el nivel del mar sube muy rápidamente: menos de 10 minutos.

2.2.2.4. profundidad

Para Kolosov (1991) las velocidades de las ondas de los tsunamis son muy altas en aguas profundas. El tsunami del 26 de diciembre 2004, viajó desde cerca de la isla de Sumatra hasta la costa este de África en poco más de siete horas. Fue iniciado por un terremoto de magnitud 9 en la costa occidental del norte de Sumatra. En los tsunamis en el mar la velocidad de la ola depende de la longitud de onda y la profundidad del agua. En la tabla de la derecha, se muestran datos característicos. Al entrar en aguas menos profundas, la longitud de onda y la velocidad de la ola disminuye, causando que sus amplitudes aumenten en gran medida. Las velocidades en la tabla adjunta, da las relaciones de velocidad de onda para ondas ideales, dada una longitud de onda de 282 km a 7000 pies de profundidad. La longitud de onda a esa profundidad, está determinada

presuntamente, por la naturaleza y el tamaño de la perturbación que produce el tsunami. Según el folleto "great waves" de NOAA, establece que "las olas de tsunami se distinguen de las olas del mar ordinarias por su gran longitud entre crestas de ola, excediendo a menudo 100 km (60 millas) o más en mares profundos y por el tiempo entre estas crestas, variando de 10 minutos a 1 hora". Conforme llegan a aguas menos profundas, las olas se ralentizan y el agua se puede apilar en una muralla de destrucción de decenas de metros (30 pies) o más de altura.

2.2.3. Factores desencadenantes

Son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos asociados que se pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico (CENEPRED, 2015). Entre los principales factores desencadenantes tenemos:

2.2.3.1. intensidad de tsunamis

Según Saramaniego (2015) nos indica que es el efecto de las sacudidas en cada uno de los lugares afectados por el terremoto. La intensidad es un parámetro de forma cualitativa a través de la reacción de las personas, el grado de destrozos en las construcciones y las perturbaciones provocadas en el terreno (grietas, deslizamientos, etc.). La intensidad de tsunami y magnitud del sismo están estrechamente relacionadas según el manual de evaluación del riesgo por tsunami (CENEPRED, 2015) es clasificado de acuerdo a lo estipulado en el siguiente cuadro:

Tabla N° 1.

Intensidad de tsunami (Soloviev)

	Parámetro	Magnitud del sismo	Peso ponderado: 0.283	
Descriptores	Ms1	Mayor a 7	Pms1	0.503
	Ms2	$6.4 < \text{magnitud} \leq 7$	Pms2	0.260
	Ms3	$6.0 < \text{magnitud} \leq 6.4$	Pms3	0.134
	Ms4	$5.5 < \text{magnitud} \leq 6.0$	Pms4	0.068
	Ms5	$\text{Magnitud} \leq 5.5$	Pms5	0.035

Fuente: Modificado por CENEPRED

Para Inamura (1949) propone una escala en función de la altura de la ola y los daños que estas producen en las áreas costeras, de este modo, el grado de un tsunami o magnitud es clasificado de acuerdo a lo estipulado en el siguiente cuadro:

Tabla N° 2.

Escala de grados de tsunamis según Inamura

Grado de tsunami	Altura de ola H (metros)	Descripción de daños
0	1-2	No produce daños
1	2-5	Casas inundadas y botes destruidos
2	5-10	Hombres, barcos y casas son barridos
3	10-20	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa
4	>30	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera

Fuente: Inamura, 1949

Según Iida (1963), propone una escala de grados de tsunami, relacionando la máxima altura de subida que alcanza en tierra la ola (R), sobre el nivel medio del mar; y la energía de los tsunamis correspondiente a diferentes grados de intensidad. Relación que se ilustra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 3.

Escala de grados de tsunami según Iida

Grado de tsunami	Escala	Máxima altura de inundación R (metros)
5.0	25.6×10^{23}	> 32
4.5	12.8×10^{23}	24 – 32
4.0	6.4×10^{23}	16 – 24
3.5	3.2×10^{23}	12 – 16
3.0	1.6×10^{23}	8 – 12
2.5	0.8×10^{23}	6 – 8
2.0	0.4×10^{23}	4 – 6
1.5	0.2×10^{23}	3 – 4
1.0	0.1×10^{23}	2 – 3
0.5	0.05×10^{23}	1.5 – 2

0.0	0.025 x 10 ²³	1 – 1.5
-0.5	0.0125 x 10 ²³	0.75 – 1
-1.0	0.006 x 10 ²³	0.50 – 0.75
-1.5	0.003 x 10 ²³	0.30 – 0.50
-2.0	0.0015 x 10 ²³	< 0.30

Fuente: Iida, 1963

Luego, Wiegel (1970), combina las escalas propuestas por Inamura y Iida. Como se observa en el siguiente cuadro, adiciona a la escala de Inamura la cota máxima de inundación R, definida por Iida. Como la escala de Iida se extiende desde $m = -2$ hasta $m = 5$ y además contiene medios grados, la adaptación de la variable R a la escala de Inamura presentándose con intervalos discontinuos:

Tabla N° 4.

Escala de grados de tsunami según Inamura y Iida, transcrita por Wiegel

Grado de tsunami m	Altura de la ola H (metros)	Cota máxima de inundación R (metros)	Descripción de los daños
0	1 -2	1 – 1.5	No produce daños
1	2 – 5	2 – 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados
2	5 – 10	4 – 6	Hombres, barcos y casas son barridos
3	10 – 20	8 – 12	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa
4	> 30	16 – 24	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera

Fuente: Wiegel, 1970

2.2.3.2. magnitud de sismo

La magnitud del sismo es utilizada para cuantificar el tamaño de los sismos (mide la energía liberada durante la ruptura de una falla).

Tabla N° 5.

Escala de magnitud local o de Richer

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

Fuente: Richter, 1935

Tabla N° 6.

Comparación de magnitud / intensidad, según USGS

Magnitud	Comparación de magnitud / intensidad
1.0 – 3.0	I
3.0 – 3.9	II – III
4.0 – 4.9	IV – V
5.0 – 5.9	VI – VII
6.0 – 8.0	VIII – IX
8.0 - <	X - <

Fuente: USGS, 2013

2.2.3.3. intensidad de sismo

La intensidad del sismo es una descripción cualitativa de los efectos de los sismos (en ella intervienen la percepción de las personas, así como los daños materiales y económicos sufridos a causa del evento), generalmente la intensidad incrementa con la cercanía al epicentro y se toman en cuenta, para su evaluación, una serie de observaciones tales como: personas durmiendo que despiertan, caída de objetos, desplazamiento de muebles, daños en infraestructura y colapso.

Tanto la magnitud y la intensidad del sismo en el mar se clasifican de acuerdo a escala sismológica de Mercalli modificada, el cual consta del siguiente cuadro:

Tabla N° 7.

Escala sismológica de Mercalli modificada

Grado	Descripción
I – Muy débil	No se advierte sino por unas pocas personas en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables
II – Débil	Se percibe solo algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios
III – Leve	Se percibe en los interior de edificios y casas
IV – Moderado	Los objetos colgantes oscilan visiblemente, la sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vestíbulo pesado, los automóviles se mecen
V – Poco fuerte	Sacudida sentida casi por todo el país o zona y algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen los relojes de péndulo.
VI – Fuerte	Sacudida sentida por todo el país o zona. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero.
VII – Muy fuerte	Ponerse de pie es difícil. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento.
VIII – Destructivo	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles derrumbes. Fuertes daños en estructuras pobremente construidas. Mampostería

	seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar.
IX – Muy destructivo	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales. Edificios desplazados fuera de las bases.
X – Desastroso	Algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y de marco quedan destruidas con sus bases. Vías ferroviarias dobladas.
XI – Muy desastroso	Pocas estructuras de mampostería, si las hubiera, permanecen en pie. Puentes destruidos. Vías ferroviarias curvadas en gran medida.
XII – Catastrófico	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados. Imposibilidad de mantenerse en pie.

Fuente: Mercalli, 1884

2.2.4. Social

2.2.4.1. grupo etario

Un grupo etario o un conjunto etario, de igual modo, está integrado por personas de la misma edad o de una edad similar, se clasifican en: in útero y nacimiento (0 – 5 años), infancia (6 – 11 años), juventud (14 – 26 años), vejez (60 años y más) (Minsa, 2011).

2.2.5. Económica

2.2.5.1. localización de la vivienda

Es la percepción y valoración que diversos observadores y participantes le asignan al total y a los componentes de un conjunto habitacional, en cuanto a sus diversas propiedades o atributos en sus interacciones mutuas y con el contexto en el cual se inserta; estableciendo distintas jerarquizaciones de acuerdo a variables de orden fisiológico, sicosocial, cultural, económico y político (Haramoto, 1999).

2.2.5.2. material de construcción

Para Cabinas Pacheco, G. (1984), el termino material de construcción se define a todos los elementos o cuerpos que integran las obras de construcción, cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma, de tal manera que cumplan con los requisitos mínimos para tal fin, se clasifican en materiales naturales que se emplean prácticamente tal como proceden de la naturaleza, experimentando mínimos cambios en su composición química o física como por ejemplo la piedra chancada, la arenilla, entre otros materiales y los materiales artificiales son aquellos que han sufrido un proceso de transformación antes de emplearse en las construcciones, experimentando cambios físicos y químicos por ejemplo el cemento, el acero, etc. (CAPECO, 2015).

2.2.5.3. servicio básico de agua y saneamiento

Saneamiento básico de agua y saneamiento se define como una tecnología de mayor demanda en el mundo, que permite consumir y eliminar higiénicamente las excretas o aguas residuales teniendo un medio ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades de los usuarios. El acceso al saneamiento básico comprende seguridad y privacidad en el uso de estos servicios (PAHO, 2014).

2.2.6. Sismos

Los sismos bajo el mar son consecuencias de los movimientos telúricos de gran intensidad que tienen su epicentro dentro del mar.

2.2.7. Deslizamientos marinos

Son deslizamientos relativamente rápidos y esporádicos de material compuesto de sedimento y desechos orgánicos que se han acumulado de manera lenta formando una masa inestable o de estabilidad marginal. Los deslizamientos submarinos son fundamentales en el modelado de los márgenes continentales, ya que remueven y transfieren enormes cantidades de sedimento hacia zonas más profundas del fondo oceánico (Vanneste et al., 2006; Joanne et al., 2010).

2.2.8. Volcanes submarinos o islas volcánicas

Las islas volcánicas o volcanes submarinos son conjuntos de islas situadas comúnmente en zonas donde convergen las placas tectónicas. Nacen como volcanes en el fondo del mar y a lo largo de millones de años emergen a la superficie del océano convirtiéndose así en islas. Formadas por erupciones sucesivas de un volcán, que hace que su cráter se vaya elevando por encima del nivel del mar y forme una isla. Muchas de estas islas son inestables y pueden igualmente desaparecer en algunos meses o años después de su emergencia.

2.2.9. Estimación

Para Rio Casaverde (2010) el concepto de estimación adopta medidas preventivas de mitigación y/o reducción de desastres, parámetros fundamentales en la gestión de los desastres, a partir de la identificación de peligros de origen natural o inducidos por las actividades del hombre y del análisis de la vulnerabilidad, dado que la exposición son las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles.

2.2.10. Peligro

Considerado como un factor de la vulnerabilidad, en la cual son aquellas situaciones que ponen en desventaja al ser humano y sus medios de vida frente a una amenaza o peligro. (CENEPRED, 2014, p. 122)

Por lo que el análisis para estimar el peligro se utiliza herramientas o técnicas como SIG (sistema de información geográfica), o en la teledetección (obteniendo información por medio de herramientas de observación y registros sin necesidad de encontrarse en el lugar de estudio, como boyas en el mar, satélites, etc.) (Romero y Zilbert, 2012, p.12).

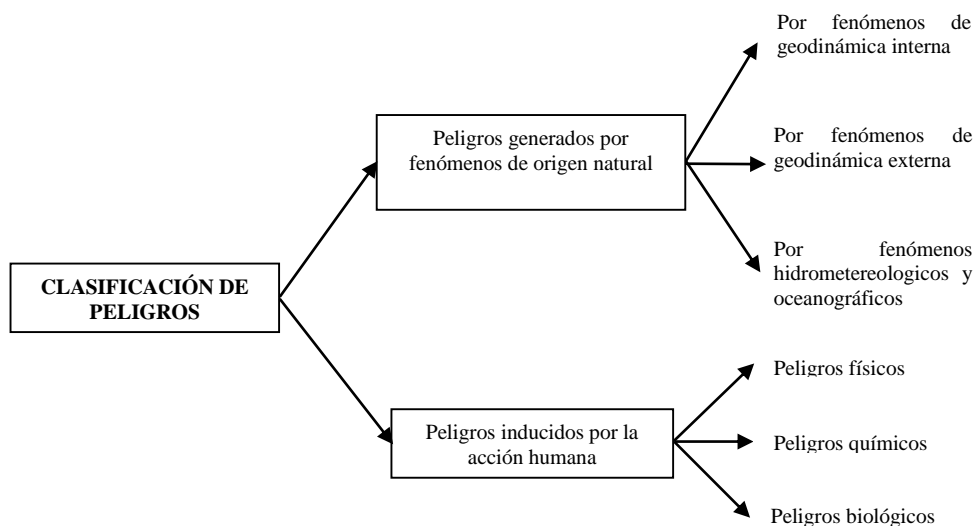


Figura 10. La clasificación del peligro puede ser generada por fenómenos de origen natural o inducidos por la acción humana
Fuente: Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, CENEPRED, 2014, p. 21

2.2.11. Vulnerabilidad

Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. (Glosario de términos CENEPRED, 2008)

2.2.12. Tsunami

Para la marina de guerra del Perú (2015), el tsunami es una serie de ondas marinas de gran tamaño generadas por una perturbación en el océano, al ocurrir principalmente un movimiento sísmico superficial (< 60 km de profundidad) bajo el fondo marino y de magnitud mayor a 6.5° en la escala de Richter.

En japonés “tsu”, significa puerto y “nami”, significa ola. Literalmente significa: olas en el puerto; este fenómeno natural presenta la característica de no causar daños en alta mar, pero es destructivo en las costas (Revista Tsunami, 2014).

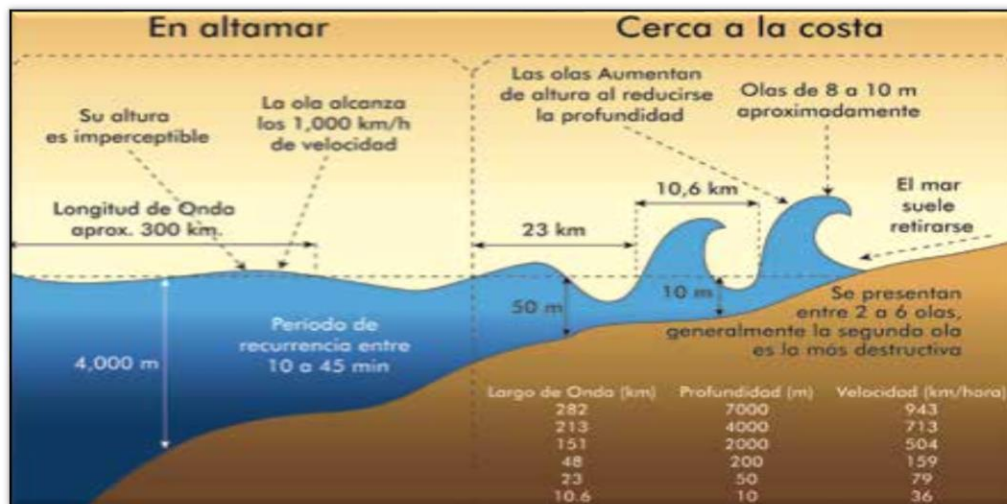


Figura 11. Características de un tsunami en altamar y cerca de la costa

Fuente: Revista Tsunami, MGP (2014)

2.2.12.1. fases de un tsunami

a) Fase de generación

Es la etapa de generación de un maremoto se inicia con la deformación del fondo oceánico, producido por el terremoto tsunamigénico. (Rodrigo G., 2011)

Si se considera al océano como un fluido incompresible, se producirá un empuje hacia arriba (efecto pistón), moviendo grandes volúmenes de fluido sobre la superficie. Esto será la condición inicial de la siguiente fase (Revista Tsunami MGP 2014)

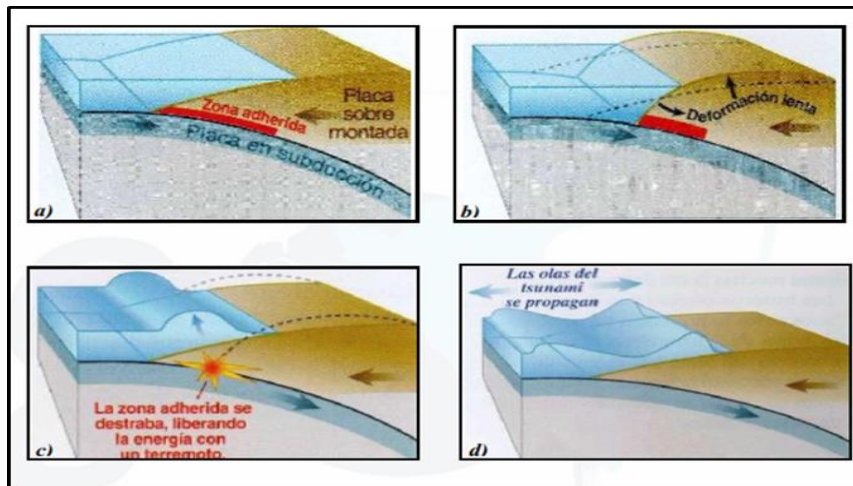


Figura 12. Fases físicas para la generación del tsunami: a) acumulación de energía por subducción, b) deformación de las placas por fuerza de compresión c) liberación de energía por movimiento de placas d) propagación de grandes volúmenes de aguas, generando olas

Fuente: Yauri, UNSA-IGP 2008

b) Fase de propagación

De inmediato la fuerza recuperadora de la gravedad contribuye a la formación de ondas gravitacionales que se propagan en todas las direcciones. La velocidad de estas ondas es proporcional a la raíz cuadrada de la profundidad del océano (batimetría) por la que se propaga. Así, por ejemplo, en aguas del océano profundo, las ondas pueden viajar a velocidades comprendidas entre los 500 a 1000 km/h, en otras palabras, esta onda puede desplazarse a la velocidad de un avión jet.

En cambio, cuando las ondas llegan a las costas, la profundidad disminuye y su velocidad se reduce a unas decenas de km/h, entonces la altura de la onda aumenta, pudiendo llegar con una fuerza destructiva y violenta. (Revista Tsunamis en el Perú 2014)

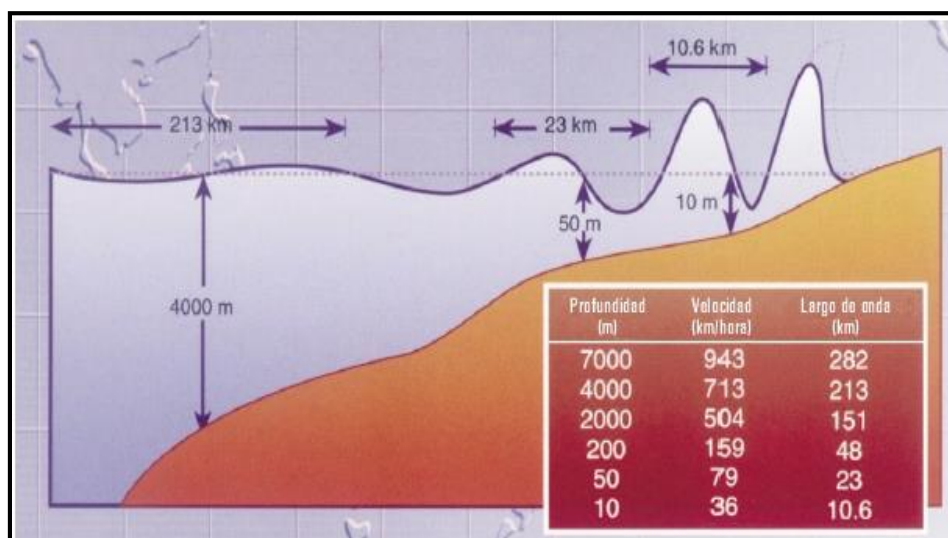


Figura 21. Propagación de un tsunami

Fuente: SHOA, Las grandes olas

c) Fase de inundación

Ramírez Saldaña et al. (2018) Cuando la onda llega a la costa, su velocidad se reduce, pero su altura se incrementa. La altura alcanzada por el tsunami al arribar a la costa se debe a la interacción de varios factores físicos y morfológicos tales como: características de las ondas en mar abierto, batimetría, pendiente del fondo marino, configuración del contorno de la costa, difracción, refracción, reflexión, dispersión, entre otros.

Estos factores determinan que el arribo del tsunami a la costa sea un proceso complejo, lo cual genera diferencias notables de altura máxima de inundación (run-up), aún a cortas distancias a lo largo de ella. La estimación del área inundada en zonas costeras, producidas por ondas de tsunami, es de vital importancia para la previsión y mitigación del peligro de inundación por tsunami (Revista Tsunami 2014)

2.2.12.2 clasificación de los tsunamis

a) Tsunamis de origen lejano o transoceánico

Son generados a miles de kilómetros del punto de observación, generan distancias mayores de 1000 km, siendo la primera ola del tsunami en llegar a las zonas marino costeras desde 5 a 24 horas de producido el sismo. (Revista Tsunami 2014)

El Perú como miembro de la comisión oceanográfica intergubernamental (COI) y del sistema internacional de alerta de tsunamis del pacífico, tiene a su cargo la dirección del sistema nacional de alerta de tsunamis (SNAT), organismo creado en 1970 para las acciones de prevención ante la ocurrencia de tsunamis.

Creado en el año 2011, mediante decreto supremo N° 014-2011-RE, designando a la dirección de hidrografía y navegación (DHN) como representante oficial ante el sistema internacional de alerta de tsunami del pacífico (Revista Tsunami 2014)

b) Tsunamis de origen cercano

Son producidos por sismos ocurridos cerca de la costa y representan un mayor peligro para la población, debido al poco tiempo de evacuación, ocasionando destrucción al llegar a las zonas marino costeras, siendo los más peligrosos, debido a que la primera ola puede llegar a la costa entre 10 a 60 minutos de producido el sismo, dependiendo de la ubicación del epicentro.

2.2.12.3 características de los tsunamis

Cuando un tsunami se genera, las olas viajan sobre la superficie del océano en todas las direcciones en forma de anillos concéntricos. Las olas producidas por un tsunami

mueven masas de agua profunda, distintas a las olas causadas por el viento que solo mueven partículas superficiales.

A la profundidad del océano las ondas del tsunami poseen una gran longitud de onda y la altura de la ola es de pocos centímetros, siendo no perceptibles por las embarcaciones, a medida que las olas avanzan hacia la superficie, la energía del tsunami se comprime, la longitud de onda es menor y las olas llegan a varios metros de altura, causando graves daños a las costas.

2.2.12.4 magnitud del tsunami

Es la altura máxima de la ola y la destrucción que esta causa en la costa. Para Inamura (2010) realizó una escala de magnitud en base a la observación de los efectos causados por tsunamis en las costas japonesas; por lo que esta escala es solo una referencia, porque en la costa sudamericana debe tomarse en cuenta las condiciones locales, para determinar la altura máxima de ola.

2.2.12.5 altura de la ola, run-up y run-off

La altura de la ola de un tsunami mientras viaja en el mar se define como la distancia entre el valle y la cresta de la onda. Pero cuando llega a tocar tierra lo más importante es conocer la altura que llegará la ola, tomando como referencia el nivel medio del mar. A la cota topográfica máxima (referida al nivel medio del mar) alcanzada por la inundación, se la conoce como Run-up. Cuando se da el retroceso de la ola del tsunami se emplea el término run-off.

2.2.12.6 características físicas de un tsunami

Para Yauri (2008), los tsunamis son trenes de ondas marinas que se caracterizan por su velocidad de propagación, periodo, longitud de onda y altura.

a) Velocidad de propagación

Se representa únicamente en función de la profundidad del océano por el cual viaja y puede ser representada por:

$$V = \sqrt{g \cdot d}$$

Siendo:

V: Velocidad de propagación de las olas (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

d: Profundidad del océano (m)

b) Periodo (T)

Se define como el tiempo que demora el paso de dos ondas sucesivas por un mismo punto de observación. Por ejemplo, si uno está en la costa es la diferencia de tiempo en la llegada de las olas sucesivas. Para tsunamis de origen cercano el periodo es de 7 a 30 minutos, para los de origen lejano entre 20 y 70 minutos aproximadamente. Este parámetro es importante ya que da una información acerca del tiempo que demora la ola al llegar a las costas. (Yauri, 2008, p.19).

c) Longitud de onda (L)

Distancia que se tienen entre dos crestas sucesivas. (Yauri, 2008, p.19).

$$L = V * T$$

Siendo:

V: Velocidad de propagación (m)

T: Periodo

d) Altura del tsunami (H)

Es la longitud entre el seno o valle y la cresta del tsunami. Al existir grandes profundidades, las ondas del tsunami aumentan su velocidad, en alturas que bordean el metro; cuando los tsunamis están próximos a la costa producen un fenómeno de refracción reduciendo la velocidad y longitud de onda al mismo tiempo dando lugar a un aumento de altura en la ola alcanzando hasta 20 m (Jiménez, 2018)

2.2.13. Inundación

Las inundaciones son los desbordes laterales de las aguas de los ríos, lagos y mares, cubriendo temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones, marejadas y tsunami. (INDECI, 1972)

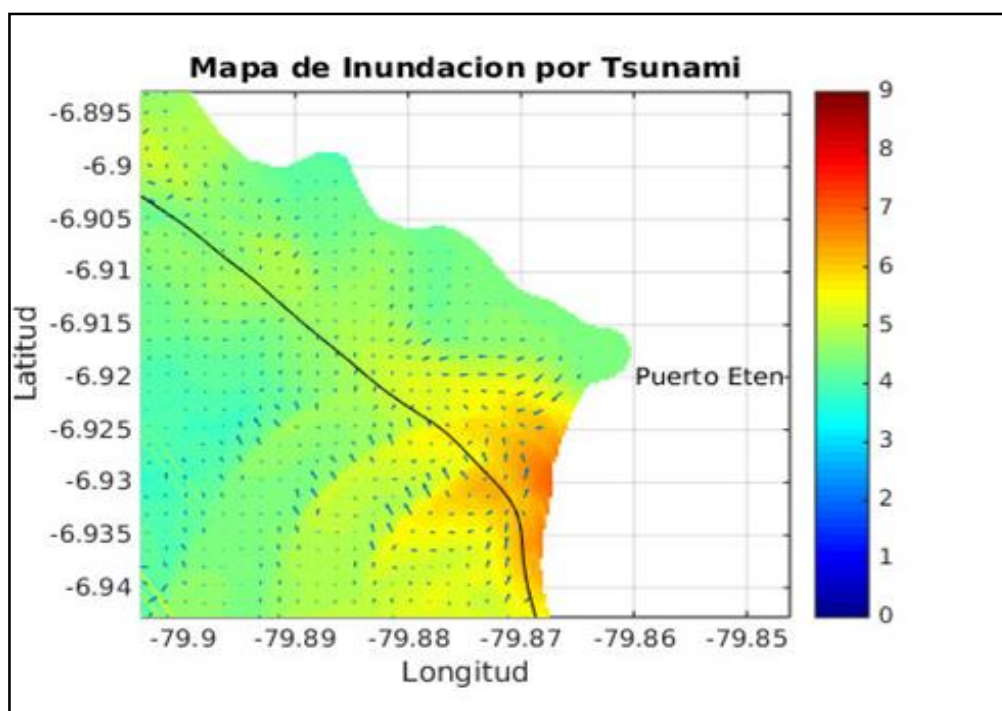


Figura 22. Mapa de inundación para la zona de Puerto Eten. La paleta de colores muestra la altura de la inundación en metros

Fuente: Modelado numérico del maremoto de Lambayeque 1960, 2017

Tabla N° 8.

Distancias horizontales y altura respecto al nivel del mar de Pimentel, Santa Rosa y Puerto Eten

Localidad	Máxima distancia de inundación	Altura respecto al nivel del mar (msnm)
Pimentel	1.86	9
Santa Rosa	1.66	4
Puerto Eten	1.37	6

Fuente: Modelado numérico del maremoto de Lambayeque 1960, 2017

2.2.14. Modelamiento

Es un proceso de aplicación del conocimiento o de la experiencia para describir el comportamiento de un sistema real para alcanzar ciertas metas (Wathern, 1988).

2.2.14.1 clasificación de modelamiento

Según Córdova P. (2013) el modelamiento se clasifica en tres partes:

a) Modelamiento físico

Para Córdova P. (2013) el modelamiento físico representa el sistema real por un modelo escalado geoméricamente y dinámicamente el cual se realizan experimentos para hacer observaciones y mediciones, el análisis dimensional y la teoría de similitud son utilizados para asegurar que los resultados sean extrapolados en tiempo real.

b) Modelamiento empírico

Según Córdova P. (2013) este modelamiento desarrolla relaciones entre las variables más significativas en el sistema del cual se está siendo estudiado, sus herramientas estadísticas son usadas para asegurar la validez de las predicciones en tiempo real, siendo el modelo resultante una “caja negra” reflejando solamente que cambios podrían esperarse en el comportamiento del sistema; ejemplo: se utiliza el programa matlab para tabular datos de fluidos y formula de ecuaciones.

c) Modelamiento matemático

Es el estudio desde su ambiente natural o matemático de ecuaciones matemáticas y ecuaciones. El resultado puede ser usado para datos históricos en sistemas reales, es utilizado también los resultados son utilizados en predicciones más exactas y seguras La aparición de herramientas o softwares matemáticos para modelar sistemas reales ha servido para superar las limitaciones del modelamiento empírico y físico. (Martínez et. al. 2010).

2.2.15. Sistemas de información geográfica

Es un conjunto de herramientas diseñadas para la obtención, almacenamiento, recuperación y despliegue de datos espaciales al mundo real. Teniendo como objetivo el almacenamiento, manejo y la manipulación de grandes volúmenes de datos espaciales referidos (Instituto Nacional De Estadística Y Geografía, 2014, p. 4).

2.2.16. Escenarios

Saldaña (2018), afirma que, es la representación y análisis de todos los posibles riesgos y amenazas que pudiera haber en una organización. Según a los escenarios se plantean cambios, mejoras o capacitaciones.

Acorde a los escenarios se deberá tener en cuenta:

- Las amenazas presentes
- Los diversos factores de vulnerabilidad en relación con la amenaza
- Los daños y pérdidas en cada caso pueden surgir de la acción conjunta de amenaza y vulnerabilidad.

Ante un escenario de riesgo está conformado por:

- Se representa en un mapa de riesgo el cual me indica las amenazas y vulnerabilidad.
- Las causas / efectos deben mencionarse en el mapa de riesgo.
- Un diagrama de relaciones entre los sectores que generan el riesgo y los que pueden intervenir en su solución.
- Una matriz que relacione el riesgo, los actores generadores y actores que pueden intervenir en su solución.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1 Estimación

En términos de gestión de riesgos, la estimación es la acción y procedimiento que se realiza en un determinado centro poblado o área geográfica, a fin de levantar información sobre la identificación de los peligros naturales y/o tecnológicos y el análisis de las condiciones de vulnerabilidad, para determinar o calcular el riesgo esperado (probabilidades de daños: pérdidas de vida e infraestructura). INDECI (2006).

2.3.2 Peligro

El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o antrópico, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos. CENEPRED (2015).

2.3.3 Vulnerabilidad

Grado en el que un sistema es susceptible a (o es capaz de tolerar) los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y sus extremos. (IPCC)

2.3.4. Tsunami

Para la RAE (2018), el tsunami lo define como una ola gigantesca producida por un maremoto o una erupción volcánica en el fondo del mar.

2.3.5. Modelamiento

Según la agencia de protección del medio ambiente de estados unidos (EPA) (2009), un modelamiento se define como: "una simplificación de la realidad que se construye para obtener información sobre los atributos seleccionados de un sistema físico, biológico, económico o social. Una representación formal del comportamiento de los procesos del sistema, a menudo en términos matemáticos o estadísticos. La base también puede ser física o conceptual". Siendo el modelado ambiental la aplicación de conocimiento multidisciplinario para explicar, explorar y predecir la respuesta de la tierra al cambio ambiental, tanto natural como inducida por el hombre. Los modelos ambientales se pueden utilizar para estudiar muchas cosas, como: clima, cambios costeros, sistemas hidroecológicos, circulación oceánica, aguas superficiales y subterráneas, carbono terrestre, el comportamiento de los espacios cerrados, el comportamiento de los espacios alrededor de los edificios, entre otros.

2.3.6. Inundación

Una inundación es el desborde lateral de las aguas de los ríos, lagos y mares que cubre temporalmente los terrenos bajos adyacentes. Suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunamis. (INDECI, 2016)

2.3.7. Riesgo en desastre

El riesgo es la probabilidad de pérdidas y daños (en la vida, salud, equipamiento, probabilidad de pérdidas y daños infraestructura, actividades económicas, sociales y medioambiente), debido a la ocurrencia de un peligro particular y las condiciones de vulnerabilidad, en cambio, el desastre es el conjunto de pérdidas y daños que se han producido.

Conocido el nivel de riesgo (daños y pérdidas probables), se puede estimar el nivel de inversión necesaria en asegurar la protección de la población y seguridad de los elementos físicos y económicos vulnerables.

2.3.5. Gestión del riesgo en desastre

La gestión del riesgo de desastres es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible (ley N° 29664: sistema nacional en gestión en riesgo en desastre).

2.4. Hipótesis

La presente investigación no presenta hipótesis.

III. Materiales y métodos

3.1 Variables y operacionalización

3.1.1 Variables

Tabla N° 9.

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Escala de medición
Modelamiento	Es un proceso de aplicación del conocimiento o de la experiencia para describir el comportamiento de un sistema real para alcanzar ciertas metas (Watherm, 1988).	Zona vulnerable	Alto	Software en modelamiento en mapeo en QGIS o ARCGIS	Mapa
			Medio		
			Bajo		
Peligro y vulnerabilidad	El peligro es la estimación o valoración ante la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, en un tiempo y ámbito geográfico determinado" (CENEPRED, 2014, p. 127) y la vulnerabilidad es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. (INDECI, 2010, p.124)	Factores condicionantes	Distancia a la línea de la costa Batimetría Pendiente del terreno Profundidad Intensidad del tsunami	Recopilación de fuente primaria y secundaria	Metros
		Factores desencadenantes	Magnitud de sismo Intensidad de sismo		Grados
		Social	Grupo etario Localización de la vivienda		Km
		Económica	Material de construcción Servicio básico de agua y saneamiento		Modificada de Mercalli Soloviev

Fuente: Elaboración propia

3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación

a) Tipo de estudio

La presente investigación empleo un tipo de estudio descriptiva. Investigación descriptiva porque se describió cómo están preparados la población ante un desastre como tsunami.

b) Diseño de investigación

El término diseño de investigación se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema (Wentz, 2014; McLaren, 2014; Creswell, 2013, Hernández-Sampieri et al., 2013 y Kalaian, 2008).

No experimental, Sampieri (2010) indica que, se realiza sin manipular deliberadamente variables, porque no se hace variar de forma intencional las variables independientes para ver sus efectos sobre otras variables. Asimismo, se observa al fenómeno tal como se da en nuestro contexto natural, para que posteriormente sea analizado.

3.3. Población y muestra en estudio

Según el INEI (2017), la población del presente estudio estuvo conformada por los habitantes del distrito de Puerto Eten, incluidos los asentamientos humanos Perpetuo Socorro y Mario Puga II dando un total de 2,342 habitantes. Se consideró a la mis población como muestra de estudio.

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Métodos

Se recopilo información y metodología del manual para la evaluación del riesgo originados por tsunami CENEPRED, luego se determinó el factor condicionante y desencadenante a través de la matriz Saaty, posteriormente se realizó el modelo de propagación de tsunami a través de diagrama de refracción y la matriz de peligro; y por último se elaboró mediante el modelamiento mapas de: inundación, de pendiente, diagrama de refracción, de ruta de escape, de zona segura, de vulnerabilidad social-fragilidad y de vulnerabilidad total

b) Técnicas

- Observación

Se exploraron ambientes, comunidades, subculturas y los aspectos de la vida social, analizando sus significados y a los actores que la generan (Eddy, 2008; Patton. 2002 y Grinnell 1997).

- Software

En el diseño de mapas se desarrollaron en programas como Arcgis y QGIS, los cuales fueron analizados para su posterior resultado final.

c) Instrumentos de recolección de datos

- Análisis de documentos

En la presente investigación se recopiló información del instituto geofísico del Perú, instituto nacional de defensa civil, manual para la evaluación del riesgo originados por tsunamis CENEPRED, manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales CENEPRED, instituto nacional de estadística e informática y la marina de guerra del Perú.

3.5. Procesamiento de datos y análisis estadístico

Se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de los datos obtenidos en la información a través de cuadros comparativos procesado en Microsoft Excel 2013.

IV. Resultados

4.1. Determinar el factor condicionante: pendiente del terreno mediante la matriz de Saaty

Se determinó el factor condicionante: pendiente del terreno a través de la matriz de Saaty, mediante el siguiente procedimiento.

Tabla N° 10.

Tabla de comparación de pares

Factor condicionante					
Pendiente del terreno					
Matriz de comparación de pares					
Descriptores	50% < p ≤ 80%	30% < p ≤ 50%	20% < p ≤ 30%	10% < p ≤ 20%	P ≤ 10%
50% < p ≤ 80%	1.00	3.00	5.00	9.00	9.09
30% < p ≤ 50%	0.33	1.00	3.03	5.00	9.00
20% < p ≤ 30%	0.20	0.33	1.00	3.03	5.00
10% < p ≤ 20%	0.11	0.20	0.33	1.00	1.00
P ≤ 10%	0.11	0.11	0.20	1.00	1.00
Suma	1.75	4.58	9.56	19.03	25.09
1/Suma	0.57	0.22	0.10	0.05	0.04

Fuente: Elaboración propia

La presente tabla N° 10, representa la matriz de comparación de pares para el factor condicionante: pendiente del terreno y se realizó en base a los datos establecidos de la matriz de Saaty, con su escala numérica y por observación directa que permitieron definir las sumas y su inversa para cada columna de valores para los cálculos posteriores.

Tabla N° 11.

Tabla de matriz de normalización

Matriz de normalización						
Descriptor	50% < p ≤ 80%	30% < p ≤ 50%	20% < p ≤ 30%	10% < p ≤ 20%	P ≤ 10%	Vector priorización
50% < p ≤ 80%	0.57	0.65	0.52	0.47	0.36	0.51
30% < p ≤ 50%	0.19	0.22	0.32	0.26	0.36	0.27
20% < p ≤ 30%	0.11	0.07	0.10	0.16	0.20	0.13
10% < p ≤ 20%	0.06	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05
P ≤ 10%	0.06	0.02	0.02	0.05	0.04	0.04
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 11, la matriz de normalización está conformada por los descriptores, resultantes del cociente entre cada descriptor y el valor de la suma inversa de su respectiva columna en la matriz de comparación de pares (tabla 10). A su vez, por cada fila se presentan los 5 parámetros del vector de priorización, resultantes de la sumatoria entre los valores de cada fila dividido entre 5. Con estos valores, determinado el vector de priorización, se procedió a definir el vector suma ponderado.

Tabla N° 12.

Tabla del vector suma ponderado

Hallando el vector suma ponderado					
					Vector suma ponderado
0.51	0.81	0.65	0.42	0.36	2.75
0.17	0.27	0.39	0.23	0.36	1.43
0.10	0.09	0.13	0.14	0.20	0.66
0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.24
0.06	0.03	0.03	0.05	0.04	0.20

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 12, se presenta el vector suma ponderado, resultante del producto de las matrices de comparación de pares (tabla 10) y vector priorización (tabla 11).

Tabla N° 13.

Tabla hallando valor ponderado

Hallando valor ponderado	VP
	5.35
	5.31
	5.11
	5.15
	4.98
Suma	25.90
Promedio	5.18

Fuente: Elaboración propia

La tabla 13 nos presenta el valor ponderado (VP), resultante del cociente entre cada elemento del vector priorización y el vector suma ponderado. Estos, a su vez, definen en valor promedio de 5.18 que nos llevó a determinar los valores del índice de consistencia y relación de consistencia.

Tabla N° 14.

Resultado de índice de consistencia y relación de consistencia

Índice de consistencia	IC	0.045
Relación de consistencia < 0.1	RC	0.040

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 14 nos presentan los valores de los índices de consistencia y relación de consistencia; el índice de consistencia (IC) se obtiene de dividir el resultado del promedio de la tabla 13, 5.18 menos 5 (número de parámetros de la matriz), dividido entre el número de parámetros menos 1, es decir 4. Con ello, el índice de consistencia fue de 0.045.

La relación de consistencia (RC) se obtiene de la división entre el índice de consistencia, 0.045 y 1.115, que; de acuerdo a Aguarón y Moreno (2001), si fueron 5 parámetros, se toma 1.115. Ante esto, se presenta una relación de consistencia de 0.040 que, a su vez, es menor que 0.1 y esto nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Posteriormente para responder al siguiente objetivo específico: determinar el factor desencadenante: intensidad de tsunami mediante la matriz de Saaty, el modelo de propagación de tsunami a través de diagrama de refracción y la matriz de peligro; se procedió con el mismo método del factor condicionante con el fin de llegar al índice y relación de consistencia, y por ultimo elaborar la matriz de peligro.

4.2. Determinar el factor desencadenante: intensidad de tsunami mediante la matriz de Saaty, el modelo de propagación de tsunami a través de diagrama de refracción y la matriz de peligro

Se determinó el factor desencadenante: intensidad de tsunami mediante la matriz de Saaty, luego se realizó modelo de propagación de un tsunami a través del diagrama de refracción (Godoy & Monge. Metodología para la evaluación del riesgo de tsunami, 1975) y por último se elaboró la matriz de peligro para determinar los niveles de vulnerabilidad en el distrito.

Tabla N° 15.

Tabla de factor desencadenante: intensidad de tsunami

Factor desencadenante					
Intensidad de tsunami					
Matriz de comparación de pares					
Descriptor	Mayor a 7	6.4 < magnitud ≤ 7	6.0 < magnitud ≤ 6.4	5.5 < magnitud ≤ 6.0	Magnitud ≤ 5.5
Mayor a 7	1.00	3.03	3.03	9.09	9.09
6.4 < magnitud ≤ 7	0.33	1.00	3.03	3.03	9.09
6.0 < magnitud ≤ 6.4	0.33	0.33	1.00	3.03	3.03
5.5 < magnitud ≤ 6.0	0.11	0.33	0.33	1.00	1.00
Magnitud ≤ 5.5	0.11	0.11	0.33	0.33	1.00
Suma	1.88	4.80	7.72	16.48	23.21
1/Suma	0.53	0.21	0.13	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 15, representa la matriz de comparación de pares para el factor desencadenante: intensidad de tsunami y se realizó en base a los datos establecidos de la matriz de Saaty, con su escala numérica y por observación directa que permitieron definir las sumas y su inversa para cada columna de valores para los cálculos posteriores.

Tabla N° 16.

Tabla de matriz de normalización

Matriz de normalización						
Descriptores	Mayor a 7	6.4 < magnitud ≤ 7	6.0 < magnitud ≤ 6.4	5.5 < magnitud ≤ 6.0	Magnitud ≤ 5.5	Vector priorización
Mayor a 7	0.53	0.63	0.39	0.55	0.39	0.50
6.4 < magnitud ≤ 7	0.18	0.21	0.39	0.18	0.39	0.27
6.0 < magnitud ≤ 6.4	0.18	0.07	0.13	0.18	0.13	0.14
5.5 < magnitud ≤ 6.0	0.06	0.07	0.04	0.06	0.04	0.05
Magnitud ≤ 5.5	0.06	0.02	0.04	0.02	0.04	0.04
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 16, la matriz de normalización está conformada por los descriptores, resultantes del cociente entre cada descriptor y el valor de la suma inversa de su respectiva columna en la matriz de comparación de pares (tabla 15). A su vez, por cada fila se presentan los 5 parámetros del vector de priorización, resultantes de la sumatoria entre los valores de cada fila dividido entre 5. Con estos valores que definieron el vector de priorización, se procedió a definir el vector suma ponderado.

Tabla N° 17.

Tabla del vector suma ponderado

Hallando el vector suma ponderado					
					Vector suma ponderado
0.50	0.82	0.42	0.50	0.34	2.57
0.16	0.27	0.42	0.17	0.34	1.36
0.16	0.09	0.14	0.17	0.11	0.67
0.05	0.09	0.05	0.05	0.04	0.28
0.05	0.03	0.05	0.02	0.04	0.19

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 17, se presenta el vector suma ponderado, resultante del producto de las matrices de comparación de pares (tabla 15) y vector priorización (tabla 16). Con ello, se procede a hallar el λ_{max} .

Tabla N° 18.

Tabla hallando el valor ponderado

Hallando valor ponderado	VP
	5.15
	5.03
	4.88
	5.15
	4.96
Suma	25.16
Promedio	5.03

Fuente: Elaboración propia

La tabla 18 define el valor ponderado (VP), resultante del cociente entre cada elemento del vector priorización y el vector suma ponderado. Estos, a su vez, definen en valor promedio de 5.03 que permitió determinar los valores del índice de consistencia y relación de consistencia.

Tabla N° 19.

Resultado de índice de consistencia y relación de consistencia

IC	0.008
RC < 0.1	0.007

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 14 nos presentan los valores de los índices de consistencia y relación de consistencia; el índice de consistencia (IC) se obtiene de dividir el resultado del promedio de la tabla 13, 5.18 menos 5 (número de parámetros de la matriz), dividido entre el número de parámetros menos 1, es decir 4. Con ello, el índice de consistencia fue de 0.045.

La relación de consistencia (RC) se obtiene de la división entre el índice de consistencia, 0.045 y 1.115, que; de acuerdo a Aguarón y Moreno (2001), si fueron 5 parámetros, se toma 1.115. Ante esto, se presenta una relación de consistencia de 0.040 que, a su vez, es menor que 0.1 y esto nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Luego, para elaborar el Modelo de propagación de tsunamis a través de diagrama de refracción (Godoy & Monge. Metodología para la evaluación del riesgo de tsunamis, 1975), fue necesario conocer el dato histórico del tsunami de 1960, a través del registro histórico proporcionado por el IGP. Se encuentra con la ocurrencia de un sismo tsunamigénico con los siguientes datos:

- Ubicación: 86.98 km
- Epicentro: 541998 E; 9259399 N
- Magnitud: 7.8 Mw (magnitud del momento)
- Intensidad máxima: VII (Escala de Soloviev)
- Profundidad: 35 km

Con la información, se determinó; en primer lugar, la zona perturbada a través del cálculo de una elipse con centro en el epicentro 541998 E y 9259399 N con el eje mayor paralelo a la zona de generación de sismos y con una longitud S calculada por la siguiente fórmula:

$$\text{Log}(S) = \frac{2}{3}M - 2.93$$

$$10^{\frac{2}{3} \times 7.8 - 2.93}$$

$$S = 186.21 \text{ km}$$

Dónde:

S = Longitud del eje mayor

M= Magnitud del sismo

Que en metros, representa:

$$S = 186.21 \times 1000$$

$$S = 186,210 \text{ m}$$

Y se tuvo un radio mayor R:

$$R = \frac{186,210}{2}$$

$$R = 93,105 \text{ m}$$

El eje menor perpendicular a la dirección del eje mayor tiene una longitud según:

$$b = (3.77 - 0.42 \cdot M) \cdot S$$

$$b = (3.77 - 0.42 \times 7.8) \times 186.21$$

$$b = 91.98 \text{ km}$$

Dónde:

b = Longitud del eje menor

M = Magnitud del sismo

S = Longitud del eje mayor

Que en metros, representa:

$$b = 91.98 \times 1000$$

$$b = 91,983.40 \text{ m}$$

Y se tuvo un radio menor r:

$$r = \frac{91983.40}{2}$$

$$r = 45,991.70 \text{ m}$$

Para el caso del sismo asumido frente a la costa del distrito de Puerto Eten las longitudes de los ejes fueron: eje mayor = 186.21 Km y eje menor = 91.98 Km.

Tabla N° 20.

Cálculo de elipse

Cálculo del elipse						
Escenario	Ubicación	Magnitud del sismo	Eje mayor (km)	Eje menor (km)	Radio de eje mayor (Mt)	Radio de eje menor (Mt)
1	Norte del Perú 1960	7.8	186.21	91.98	93,105.00	45,991.70

Fuente: Elaboración propia

La tabla 20, presenta un resumen de los cálculos de la elipse obtenidos previamente.

Posteriormente, se calculó la distancia recorrida por la ola, d, en metros; que depende del intervalo de tiempo entre ola (asumiendo 60 segundos para la presente investigación), la aceleración de la gravedad y la altura barimétrica (de 100 metros para la presente investigación) y se expresa con la siguiente fórmula:

$$d = \Delta t \sqrt{gZ}$$

$$d = 60 \sqrt{9.8 \times 100}$$

d = 1,878.29 m

Dónde:

d = Distancia recorrida por la ola (m)

Δt = Intervalo de tiempo entre ola (s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

Z = Altura batimétrica (m)

Con lo anterior, se obtuvo una distancia recorrida por la ola de 1,878.9 metros.

También se calculó la altura máxima de la ola, H, en metros; mediante la ecuación propuesta por Silgado (1978) derivando una fórmula regional para el cálculo de la altura de ola para el Perú y norte de Chile:

$$\text{Log}(H) = 0.79M - 5.70$$

$$H = 10^{0.79 \times 7.8 - 5.70}$$

H = 2.89 m

Dónde:

H = Altura de la ola máxima (m)

M = Magnitud del sismo

Con lo anterior, se obtuvo una altura máxima de la ola de 2.89 metros.

Los valores son corregidos por las condiciones locales de las mareas, según datos de la DHN, con un nivel de pleamar de 0.99m.

H = 2.89+0.99=3.88<->5 m

Y se obtuvo una altura corregida de 3.88m.

Para elaborar la matriz de peligro, se tuvo que determinar de acuerdo a los factores condicionantes y desencadenantes previamente definidos, los cuales se detallan a continuación, y permitieron determinar los valores de peligro:

Tabla N° 21.

Tabla de matriz de peligro

Frecuencia	Vector priorización
De 0 a 3 años y mayor 65 años	0.497
De 4 a 12 años y 60 a 64 años	0.270
De 13 a 15 años y 50 a 59 años	0.131
De 16 a 29 años	0.064
De 30 a 49 años	0.037

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 21, tabla de matriz de peligro, se detalla para conocer con que parámetros se elaboró la matriz de peligro, en este caso se elaboró solo con el grupo etéreo, tomando los parámetros ya calculados del vector de priorización de los factores condicionantes.

Tabla N° 22.

Tabla de factor condicionante

Factores condicionantes (FC)	
FC1	0.497
Pendiente de terreno	
50% < p ≤ 80%	0.51
30% < p ≤ 50%	0.27
20% < p ≤ 30%	0.13
10% < p ≤ 20%	0.05
P ≤ 10%	0.04
Factores condicionantes (Peso de FC X descrip)	Factor condicionante (FC)
FC1	Sumatoria
0.26	0.26
0.13	0.13
0.06	0.06
0.02	0.02
0.02	0.02

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22, se presentan los factores condicionantes (FC) calculados previamente, en el vector de priorización (0.51, 0.27, 0.13, 0.05 y 0.04). También se presentan los valores FC1 de 0.26, 0.13, 0.06, 0.02 y 0.02 resultantes del producto de cada factor condicionante FC con 0.497.

Tabla N° 23.

Tabla de factor desencadenante

Factor desencadenante (FD)	
Intensidad de tsunami	Vector de priorización
Mayor a 7	0.50
6.4 < magnitud ≤ 7	0.27
6.0 < magnitud ≤ 6.4	0.14
5.5 < magnitud ≤ 6.0	0.05
Magnitud ≤ 5.5	0.04

Fuente: Elaboración propia

La presente tabla N° 23, presenta los parámetros del vector de priorización para el factor desencadenante de la intensidad de tsunami en la matriz de normalización.

Tabla N° 24.

Tabla de pesos o factor desencadenante y condicionante

El peso de los factores puede variar según criterio	
Factores	Peso
Desencadenante	0.5
Condicionante	0.5
Valor de susceptibilidad (S)	
(FC*peso)+(FD*peso)	
	0.38
	0.20
	0.10
	0.04
	0.03

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 24 presenta los valores de los factores: desencadenante y condicionante con un peso de 0.5 cada uno, estos son de elección libre del investigador. Se presentan también los valores de susceptibilidad resultantes de la sumatoria de la ponderación de cada factor condicionante, FC y factor desencadenante, FD, con sus pesos respectivos (0.5).

Tabla N° 25.

Tabla de pesos o factores de peligro

El peso de los factores puede variar según criterio	
Factores de peligro	Peso
Parámetro de evaluación	0.5
Susceptibilidad	0.5
Valor de peligro	
(PE*peso+(S*peso))	
	0.438
	0.236
	0.116
	0.052
	0.033

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 25 presenta los valores de los factores de peligro: parámetro de evaluación y susceptibilidad con un peso de 0.5 cada uno, estos son de elección libre del investigador. Se presentan también los valores de peligro resultantes de la sumatoria de la ponderación de cada parámetro de evaluación, PE, y el valor de susceptibilidad, S, con sus pesos respectivos (0.5) y a partir de estos valores de peligro, se determinó la tabla de nivel y rango de vulnerabilidad.

Tabla N° 26.

Tabla de nivel y rango de vulnerabilidad

Nivel	Rango				
Muy alto	0.236	≤	R	<	0.438
Alto	0.116	≤	R	<	0.236
Medio	0.052	≤	R	<	0.116
Bajo	0.033	≤	R	<	0.052

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 26, se pudieron clasificar los rangos de vulnerabilidad como muy alto, alto, medio o bajo, de acuerdo a los valores de peligro calculados previamente. Para definir una nivel de vulnerabilidad muy alto, se estableció un rango entre 0.438 y 0.236, para un nivel

alto, un rango entre 0.236 y 0.116; un rango entre 0.116 y 0.052 para un nivel medio y un rango entre 0.052 y 0.033 para un nivel bajo.

Finalmente, para el modelamiento mapas de: inundación, de pendiente, diagrama de refracción, de ruta de escape, de zona segura, de vulnerabilidad social-fragilidad y de vulnerabilidad total en el distrito de Puerto Eten, 2019, se procedió de la siguiente manera:

Se tomó a bien elaborar el flujograma para facilitar la creación de la cartografía base o mapas:

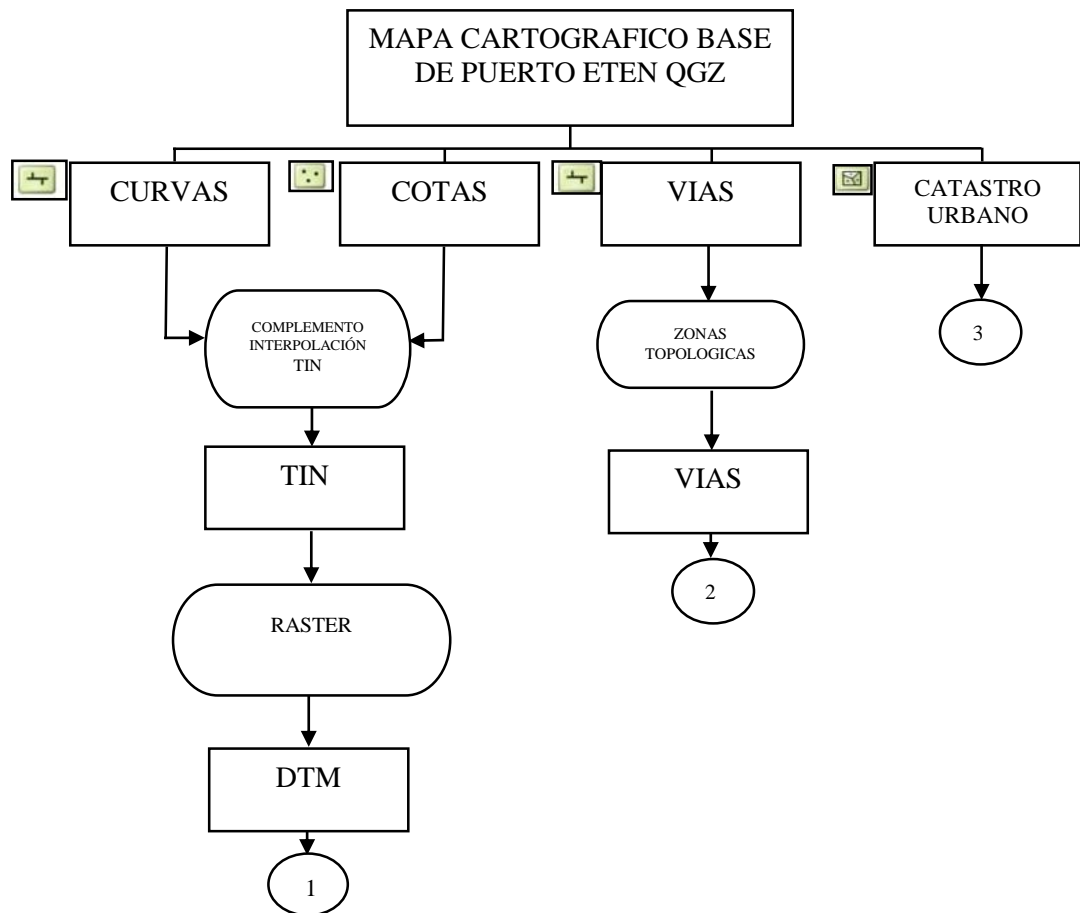


Figura 31. Flujograma de elaboración de cartografía
Fuente: Elaboración propia

Para conocer la estructura de la cartografía base del distrito de Puerto Eten se utilizó la cartografía municipal de Puerto Eten. Primero se elaboraron curvas de nivel del distrito (según el tipo de mapa), luego se interpoló una imagen raster, posteriormente se determinaron se ubicaron cotas, las cuales se dibujaron vías en el distrito y por último se dibujó el catastro urbano del mismo distrito, en formato mxd y qgz, se empleó el software Arcgis 10.4, y QGIS 4.14.

4.3. Elaborar mediante el modelamiento mapas de: inundación, de pendiente, diagrama de refracción, de ruta de escape, de zona segura, de vulnerabilidad social-fragilidad y de vulnerabilidad total en el distrito de Puerto Eten, 2019

Se elaboraron los siguientes mapas con el uso de Arcgis y QGIS:

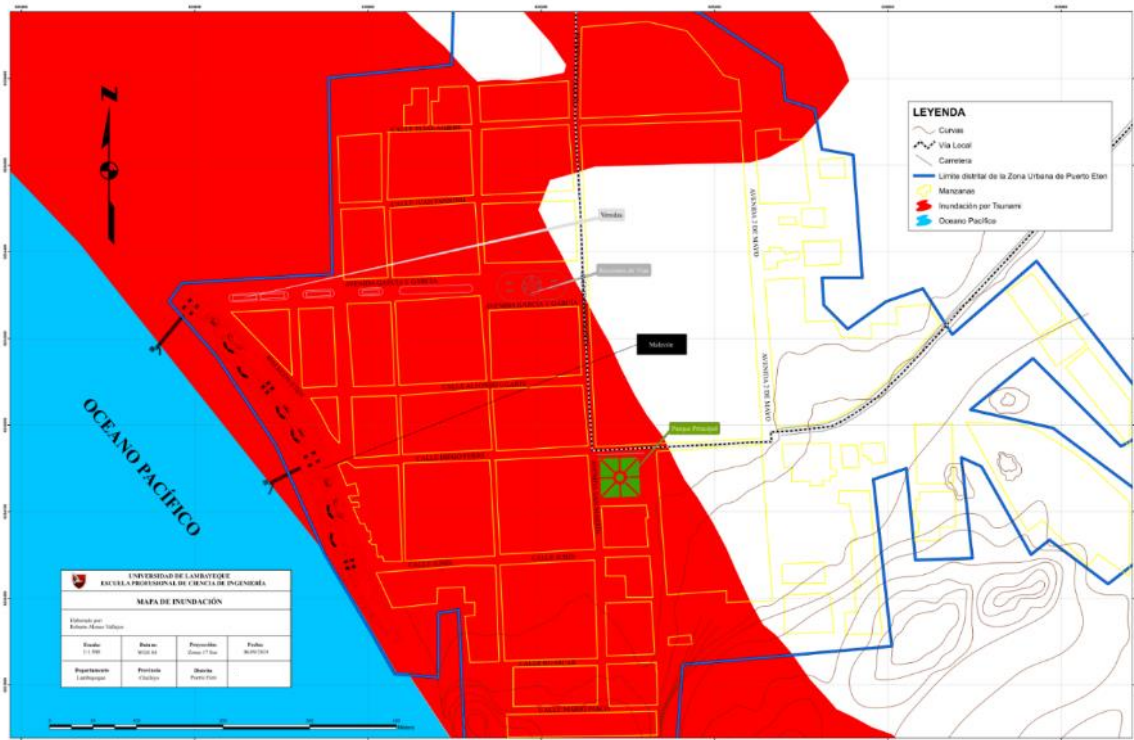


Figura 40. Mapa de inundación del distrito de Puerto Eten

Fuente: Elaboración propia

En la presente figura, 8, se observan en el distrito de Puerto Eten las áreas afectadas, ante una eventual ocurrencia de un tsunami, toda la población de 2,342 hab. se verá afectada debido a que gran parte de la ciudad se encuentra prácticamente al nivel del mar.

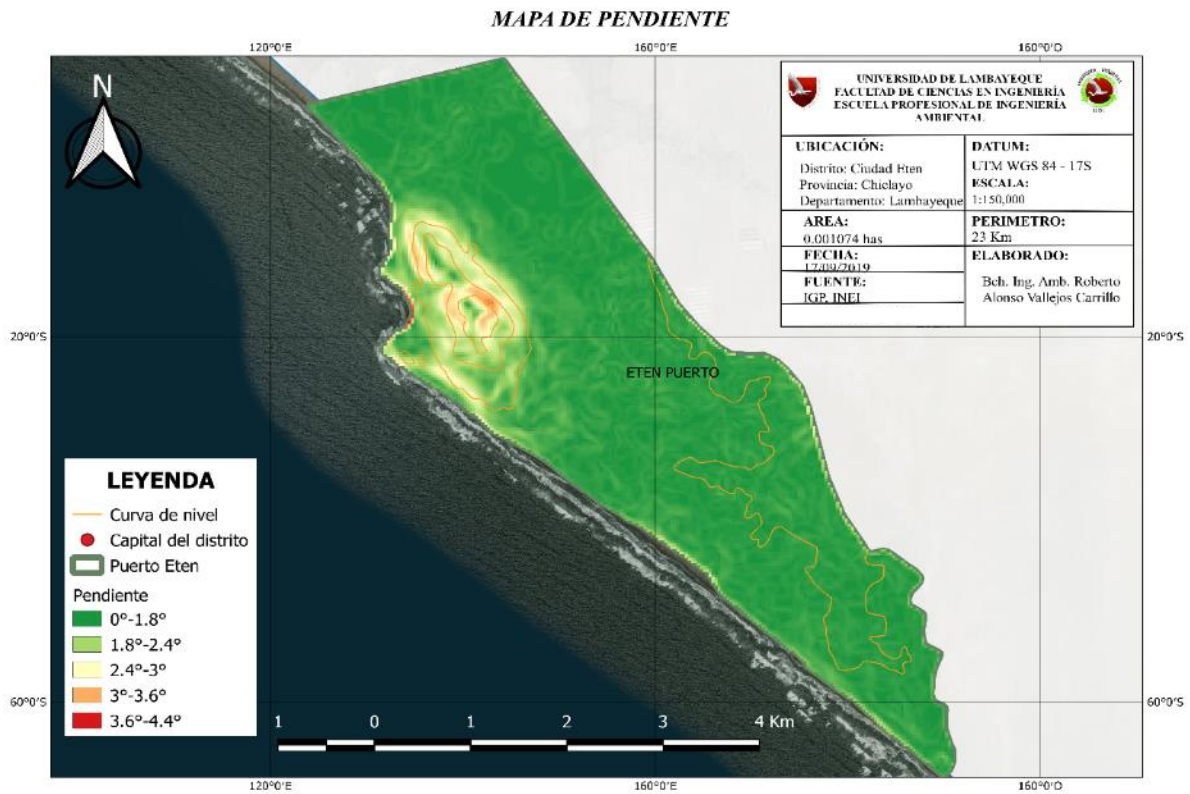


Figura 48. Mapa de pendiente del distrito de Puerto Eten
Fuente: Elaboración propia

El presente mapa de la figura 9, define los valores de las pendientes en el área de estudio, permitiendo especificar a qué elevación se encuentra el distrito de Puerto Eten para así evaluar su impacto ante la ocurrencia de un fenómeno natural, en este caso el tsunami.



Figura 58. Mapa de diagrama de refracción de Puerto Eten

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 10, el diagrama de refracción proporciona el tiempo de llegada de la primera ola de 1960, mediante la propagación del tsunami desde su epicentro que es 541998 E; 9259399 N, encontrándose a 56.15 km de distancia desde el epicentro hacia el distrito costero de Puerto Eten. Formándose una elipsis cuyo eje mayor y menor son 186.21 km y 91.98 km, respectivamente.

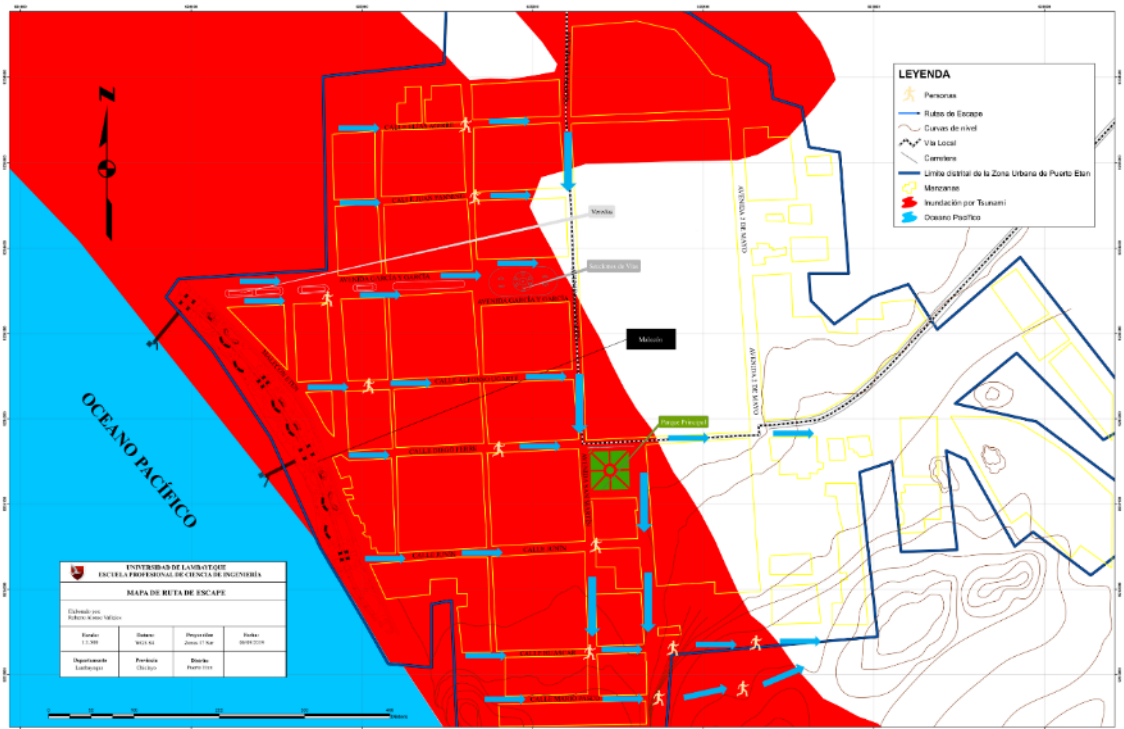


Figura 67. Mapa de ruta de escape del distrito de Puerto Eten

Fuente: Elaboración propia

Como se ve en la figura 11, las rutas de escape hacia los puntos seguros; representan el lugar por donde las personas tiene que evacuar. Se optaron las vías o flechas de color celeste y las que se conectan con las calles principales de las áreas de estudio dentro del distrito de Puerto Eten. En este caso, la Panamericana norte como ruta de escape o de evacuación hasta dejar fuera del alcance de la inundación producida ante un tsunami; no obstante, en el caso específico de la población que se encuentra en la ciudad, tienen que evacuar hacia el norte para quedar fuera de la zona de impacto.

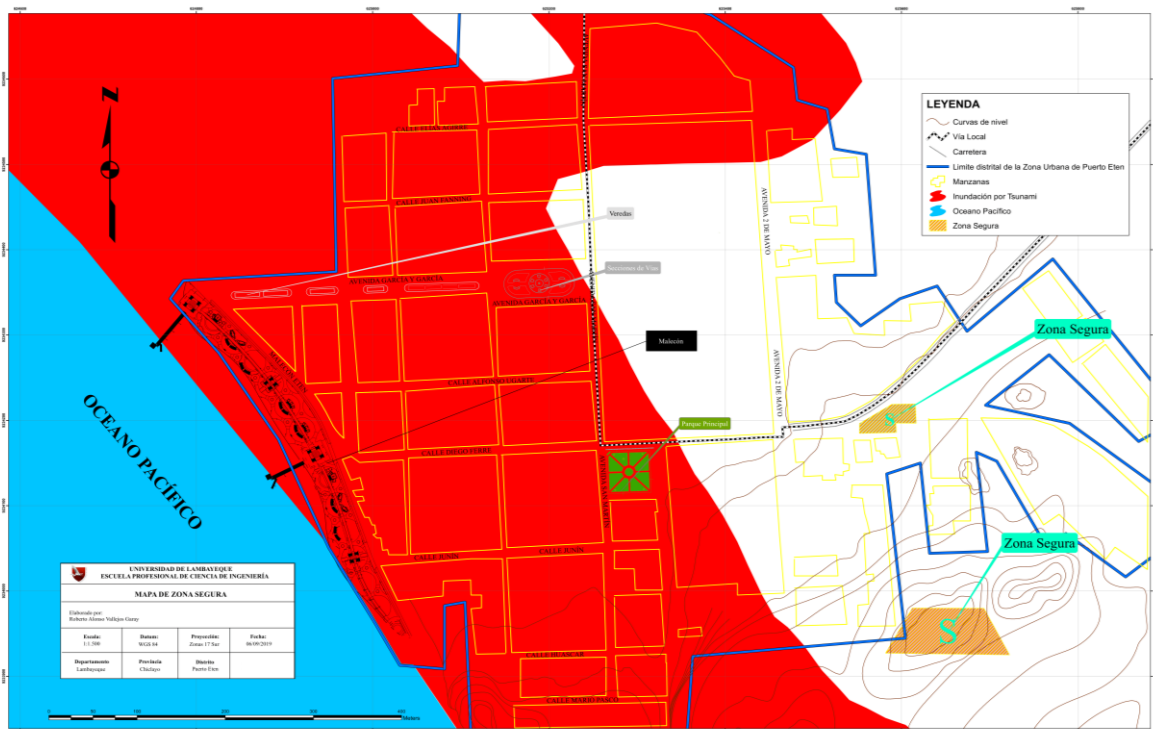


Figura 76. Mapa de zona segura del distrito de Puerto Eten

Fuente: Elaboración propia

En el presente mapa, de la figura 12, se encuentran las zonas seguras; en donde las personas tendrán que movilizarse para precautelar la vida, destacando como principales zonas seguras dos morros o cerros de Puerto Eten, sirviendo como punto de reunión ante la posible ocurrencia de un desastre o fenómeno natural. Asimismo, con la concentración de las personas en este lugar se podrá tomar medidas posteriores para atender a los afectados.

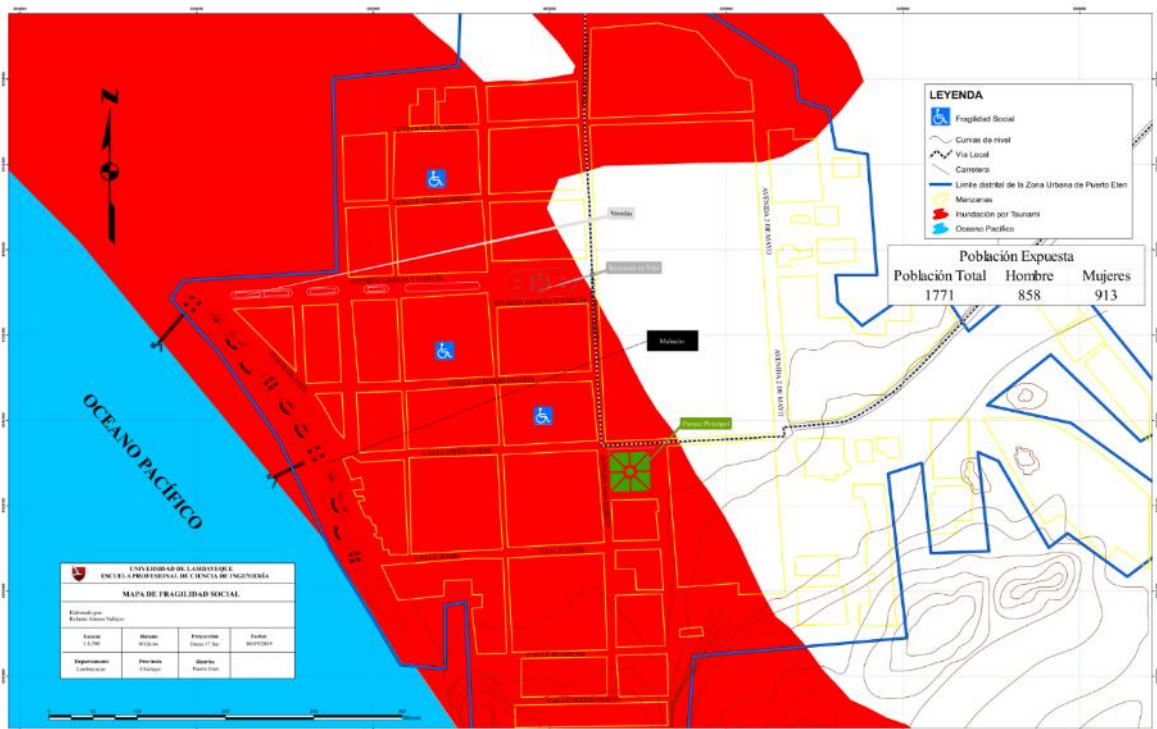


Figura 85. Mapa de vulnerabilidad social-fragilidad del distrito de Puerto Eten

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13, el presente mapa, dio en conocer que la población vulnerable son las personas adultas mayores, niños, mujeres y madres gestantes, puedan ser trasladadas a el morro o cerro de Eten, al distrito de ciudad Eten o a la provincia de Chiclayo.

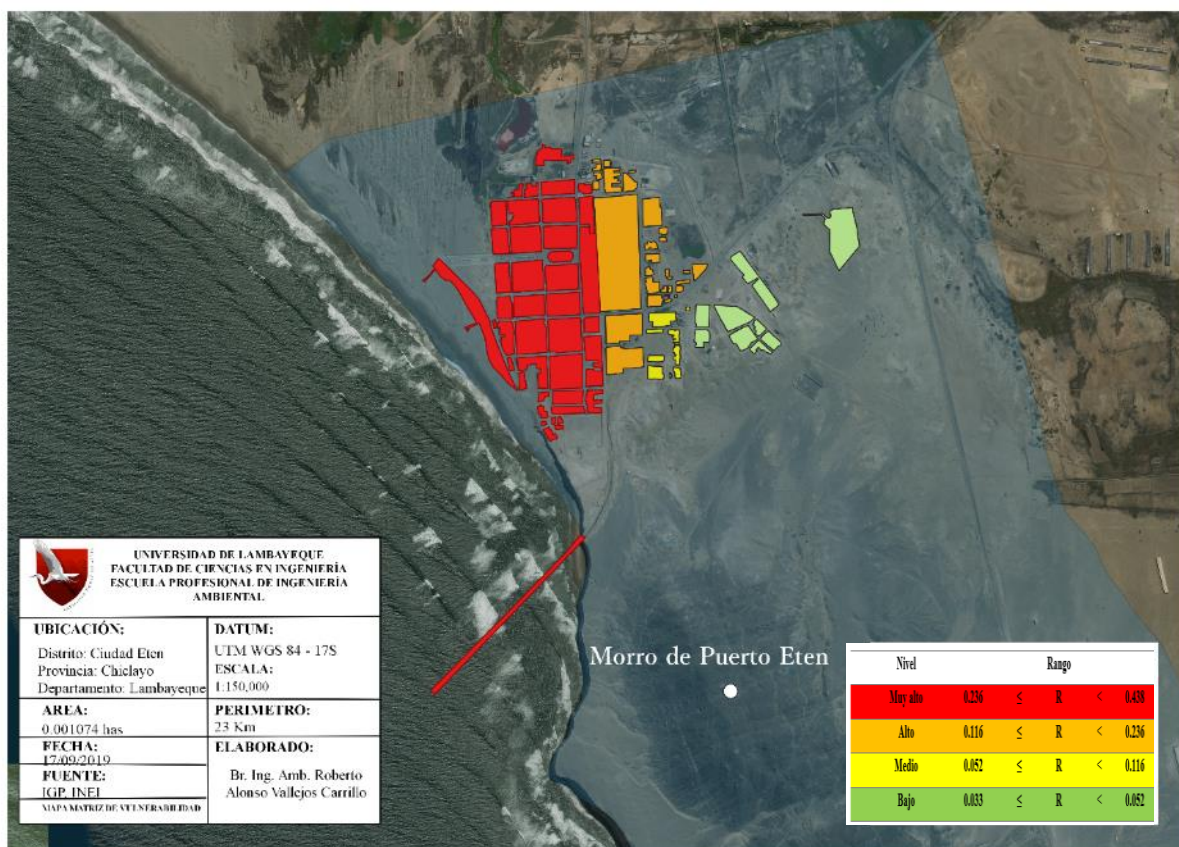


Figura 92. Mapa de vulnerabilidad total

Fuente: Elaboración propia

En el presente mapa, de la figura 14, se observan los niveles de vulnerabilidad en el distrito de puerto Eten, los cuales son de nivel muy alto: entre 0.236 hasta 0.438, nivel alto: entre 0.116 hasta 0.236, nivel medio: entre 0.052 y 0.116 y nivel bajo entre 0.033 hasta 0.052, incluyéndose el terminal portuario de puerto Eten y los malecones mismos.

V. Discusión

Jimenez Arrunategui J. (2018), en su investigación *Estimación del peligro y vulnerabilidad ante tsunamis mediante el modelamiento del distrito de Chilca - 2018*, en esta investigación tuvo como objetivo evaluar la relación entre el peligro y la vulnerabilidad ante tsunami del distrito de Chilca – 2018, usando la matriz de Saaty para la obtención de los resultados mismos, por lo que responde al primer objetivo general, en la cual, utilizó la matriz de Saaty para elaborar la matriz de comparación de pares, de normalización, luego el vector suma ponderado para determinar el índice y relación de consistencia. Posteriormente la presente investigación relaciono el factor condicionante y desencadenante con la vulnerabilidad en relación al primer y segundo objetivo específico, estos factores se desarrollan luego de elaborar la matriz de saaty, bajo la misma metodología Saaty, en la cual la investigación de Jimenez obvio el desarrollo independiente de los mismos factores con el fin de llegar a una matriz de peligro, para llegar al rango o nivel de vulnerabilidad. Luego se elaboró el modelo de propagación de tsunami a través de diagrama de refracción similar a la tesis de Jimenez, solo que cambiando la magnitud, tiempo histórico del tsunami con datos históricos que se obtuvo referente al terremoto en el norte de Perú en noviembre de 1960, según Engdahl, ER; Vallaseñor, A. (2002) y Pelayo, AM; Wiens, DA (1990) se ubicó a 86.98 km en el altamar del norte del Perú, con epicentro: 541998 E; 9259399 N, de magnitud: 7.8 Mw (magnitud del momento), con intensidad máxima: VII (Escala de Soloviev) y de profundidad: 35 km. Posterior a ello, se elaboró la matriz de peligro la cual Jimenez obvio la matriz de peligro para hallar la vulnerabilidad del mismo.

Ramos, G. y Recalde, V. (2013), en su investigación *Generación de mapas de vulnerabilidad para deslizamientos, inundaciones y tsunamis a escala 1:10000, en la zona urbana del cantón San Vicente, provincia de Manabí, utilizando herramientas geoinformáticas y propuesta de diseño de un plan de gestión de riesgos (tesis de pregrado)*. Universidad de las fuerzas armadas ESPE, Canabi, siendo su objetivo en generar cartografía temática a escala 1:10.000, que muestre las zonas de vulnerabilidad por deslizamientos, inundaciones y tsunami en la zona urbana del Cantón San Vicente, Provincia de Manabí, utilizando herramientas geo informáticas, y proponer el diseño de un plan de gestión de riesgos, en relación con el tercer objetivo específico, se elaboró mapas de mapas de: inundación, de pendiente, diagrama de refracción, de ruta de escape, de zona segura, de vulnerabilidad social-fragilidad y de vulnerabilidad total en el distrito de Puerto Eten 2019.

VI. Conclusiones

Se determinó el factor condicionante: pendiente del terreno mediante la matriz de saaty, elaborándose la matriz o cuadro de comparación de pares, luego se elaboró el cuadro o matriz de normalización (de resultado 1.00), posteriormente se halló el vector suma ponderado o vector ponderado teniendo la suma de 25.90 y promedio de 5.18 y los índices y relación de consistencia fueron de 0.045 (IC) y 0.040 (RC).

Se determinó el factor desencadenante: intensidad de tsunami mediante la matriz de Saaty a través de la comparación de pares, de normalización, vector suma ponderado, y los índices y relación de consistencia de 0.008 (IC) y 0.007 (RC), el modelo de propagación de tsunami a través de diagrama de refracción con los siguientes resultados: ubicación: norte del Perú de 1960, magnitud del sismo: 7.8 Mw, eje mayor (km): 186.21, eje menor (km): 91.98, radio eje mayor (mt): 93,105.00 y radio de eje menor (mt): 45,991.70. para llegar el nivel de vulnerabilidad se obtuvo a través del cálculo de la matriz de peligro.

Se elaboró mediante el modelamiento mapas de: inundación, el cual se vería afectado el malecón, y una parte del parque principal del distrito, luego el mapa de pendiente encontrándose hasta 4 msnm, el mapa diagrama de refracción es el registro histórico de tsunami de 1960 de epicentro 541998E y 9259399 N hallándose la distancia y el elipse de eje mayor y menor, luego, el mapa de ruta de escape se determinó que el lugar seguro sería la panamericana norte, el mapa de zona segura serían dos morros del distrito, el mapa de vulnerabilidad social-fragilidad sería el grupo etareo con mayor riesgo, los niños y adultos mayores y por último, el mapa de vulnerabilidad total, se obtuvieron como resultados los siguientes niveles: muy alto: entre 0.236 a 0.438, nivel alto: entre 0.116 a 0.236, nivel medio: entre 0.052 a 0.116 y nivel bajo: entre 0.033 y 0.052, en el distrito de Puerto Eten, 2019, con el uso de software qgis y arcgis acorde con la matriz o cuadro de peligro.

VII. Recomendaciones

La municipalidad de Puerto Eten para elaborar matriz o cuadro de Saaty ante un o diversos desastres naturales deberá en determinar los factores condicionantes del distrito usando el cuadro de comparación de pares, luego se elaboró el cuadro o matriz de normalización, posteriormente el vector suma ponderado o vector ponderado y los índices y relación de consistencia en la cual la relación de consistencia debe ser menor a 0.1.

Se recomienda al municipio que debe en determinar al igual que el factor condicionante; el factor desencadenante ante cualquier fenómeno natural estudiado en elaborar: la matriz o cuadro comparación de pares, de normalización, vector suma ponderado, y los índices y relación de consistencia.

Es recomendable incluir en los informes de evaluación de riesgos por peligros naturales, elaborados por el municipio; se incluyan mapas de: pendiente, de ruta de escape, de zona segura, de vulnerabilidad social-fragilidad y de vulnerabilidad total acorde con los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno natural estudiado.

VIII. Referencias bibliográficas

- Ayala, M. (2006), *Propuesta Metodológica para el Ordenamiento Ambiental de la Zona Costera - Marina del Área Metropolitana De Lima – Callao*, (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Lima.
- Adalberto Gutierrez (2018). Vulnerabilidad sísmica en México. México: McGraw Hill
- Benavides, (2012), *Aplicación del Análisis del Riesgo (ADr) en el Proceso de Planificación para el Desarrollo Rural Sostenible en el Distrito de Ciudad Eten, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque*, (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: Lambayeque
- CAPECO (2015). Materiales de construcción. Artículos urbanísticos
- Cabinas P. (1984). Diseños constructivos colombianos El Espectador, p.11
- CENEPRED (2017), Manual para la Evaluación del Riesgos Originados por Tsunami 2° Edición.
- CENEPRED (2015), Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 1° Edición.
- Creswell, 2013 (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill
- Córdova P. (2013), Modelamiento cartográfico. Argentina: Mc Graw Hill
- El Peruano, E. P. (s.f.). Constitución Política del Perú. Lima, Perú: El Peruano.
- Eddy, 2008; Patton. 2002 y Grinnell 1997. Recolección y análisis de los datos cualitativos. Blogspot Recuperado de <http://juliocastillosalinas.blogspot.com/2018/12/recoleccion-y-analisis-delos-datos.html>
- EPA. (2009). Modelado ambiental 101: Módulo de capacitación. EEUU Recuperado de [https://19january2017snapshot.epa.gov/modeling/environmental-modeling-101-training-module_.html#:~:text=According%20to%20the%20EPA%20\(2009a,in%20mathematical%20or%20statistical%20terms](https://19january2017snapshot.epa.gov/modeling/environmental-modeling-101-training-module_.html#:~:text=According%20to%20the%20EPA%20(2009a,in%20mathematical%20or%20statistical%20terms).
- Fernández, Jerson y David. (2010). Batimetría del pacifico. Argentina: McGraw Hill
- García, E. (1994), *Estudio de los Tsunamis en las costas de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería: Lima
- Gonzales, R. et al. (2014). *Integrated tsunami vulnerability and risk assessment: application to the coastal area of El Salvador Natural Hazards and Earth System Sciencies*. 10(14), 1223–1244

- González-Riancho, R. y Aliaga, B. (2014). *A contribution to the selection of tsunami human vulnerability indicators: conclusions from tsunami impacts in Sri Lanka and Thailand (2004), Samoa (2009), Chile (2010) and Japan (2011)* 10(14), 1223–1244
- Haramoto, A. (1999). Economic factors. *Economic Day*, (22), p.06,
- Hernández-Sampieri et al., 2013 y Kalaian, 2008 (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill
- INDECI, (2003). *Plan de Prevención ante Desastres: uso del suelo y medidas de mitigación de Ciudad Eten*. Ciudad Eten, Perú.
- INDECI, & Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo, (2003). *Estudio Mapa de peligros de la Ciudad de Eten*. Ciudad Eten, Perú.
- INDECI, (2003), *Plan de Prevención ante Desastres: Uso del Suelo y Medidas de Mitigación Ciudad de Eten*
- Instituto Geofísico del Perú (2016) *Peligro por sismos y tsunamis en la localidad de Cerro Azul* 2 (3), 6-11
- Instituto Nacional De Estadística Y Geografía (2014). *Sismología*. *Revista sismología*, (1), p. 9,
- Inamura y Lida (1949), *Catalog of tsunamis in Japan and its neighboring countries*. Aichi Institute of Technology, Yachigusa, Yakusacho, Toyota-shi, 470-03, Japan, 52 p, (1949-1984.)
- Inamura (2010). *Curso geografía del mar*. Pontificia Universidad Católica de Chile Recuperado de http://www7.uc.cl/sw_educ/geo_mar/html/h713.html
- INEI. (2017). *Estimaciones y proyecciones de población*. INEI Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/population-estimates-and-projections/>
- IPCC. (2015). *CAMBIO CLIMÁTICO 2014 Informe de síntesis*. Suiza. Organización Meteorológica Mundial Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Jimenez Arrunategui J. (2018). *Estimación del peligro y vulnerabilidad ante tsunamis mediante el modelamiento del distrito de Chilca – 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo: Lima.
- Jiménez, (2018). *Estimación del peligro y vulnerabilidad ante tsunamis mediante el modelamiento del distrito de Chilca – 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo: Lima.
- Joanne, C., Collot, J-Y., Lamarche, G. y Migeon, S. (2010). *Marine Geology* 268, 67-84.

- Jones (2018). Mareas. Mareas, (1), p.4,
- Kolosov (1991). Sismicidad batimétrica. México: Pearson
- Martínez et. al. (2010), Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas. Salud Pública de México, 49(3), 218-226. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00363634200700030007&lng=es&tlng=es.
- McLaren, 2014 (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill
- MINAM (2008), Glosario de términos de la gestión ambiental peruana
- Montenegro, T. y Peña, F. (2010). Gestión de la emergencia ante eventos de inundación por tsunami en Chile: el caso de Puerto Saavedra
- Municipalidad Distrital de Puerto Eten (2016) Plan de Desarrollo Concertado Local PDCL al 2026
- NATGEO, (2017). Datos e información sobre tsunamis. National Geographic Magazine, pp. 30-31,
- Nanfuñay, (2015), *Vulnerabilidad Sísmica en el Distrito de Ciudad Eten Aplicando Indices de Vulnerabilidad (Benedetti-Petrini)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: Lambayeque.
- Nick Jhonatan Moreno Moreno, (2017). *Modelado numérico del maremoto de Lambayeque 1960* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Lima.
- Núñez S., et al. (2006), Estudio Geoambiental de la Cuenca Chancay-Lambayeque, INGEMMET, 33(C)
- PAHO, (2014). Agua, saneamiento y salud. OMS Recuperado de https://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/
- RAE, (2018). Maremotos. Dirección General de Protección Civil y Emergencias España Recuperado de <http://www.proteccioncivil.es/riesgos/maremotos/presentacion#:~:text=A%20nivel%20internacional%20se%20conoce,en%20el%20fondo%20del%20mar%22>.
- Ramos, G. y Recalde, V. (2013). *Generación de Mapas de Vulnerabilidad para Deslizamientos, Inundaciones y Tsunamis a Escala 1:10000, en la Zona Urbana del Cantón San Vicente, Provincia de Manabí, utilizando Herramientas Geoinformáticas y Propuesta de Diseño de un Plan de Gestión de Riesgos* (tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Canabi: Ecuador
- Ramírez Saldaña et al. (2018). Ondas sísmicas del pacifico sur. Espectrometría II, (6), p. 20, Revista Tsunami. Tsunamis de Perú. Tsunamis, (30), p.18

- Romero, Z. (2012). Satélites Modernos. Imágenes espaciales IX, (10), p. 5,
- Rodrigo G. (2011). Sistemas de alertas mundiales de tsunami. México: Pearson
- Rio Casaverde, S. (2010). Peligros inminentes en la costa sur del pacifico. Oceanografía, (111), p. 3,
- Sampieri (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill
- Saldaña (2018). Curso geografía del mar. Pontificia Universidad Católica de Chile Recuperado de http://www7.uc.cl/sw_educ/geo_mar/html/h713.html
- Vanneste, M., Mienert, J. y Bünz, S. (2006). Earth and Planetary Science Letters 245, 373-388.
- Velasco, E. y López, G. (2016). Marco conceptual para investigaciones tsunamigénicas: caso litoral Pacífico colombiano. Boletín de Geología, 38(4): 79-106.
- Wentz, 2014 (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill
- Yauri (2008). *Detección, localización ya análisis de sismos tsunamigenicos: sistema de alerta de tsunamis tremors* (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa: Arequipa.

IX. Anexos

Anexo 1.

Tabla de comparación de pares

Matriz de comparación de pares					
Grupo etario (años)	De 0 a 3 años y mayor 65 años	De 4 a 12 años y 60 a 64 años	De 13 a 15 años y 50 a 59 años	De 16 a 29 años	De 30 a 49 años
De 0 a 3 años y mayor 65 años	1.00	3.00	4.55	9.09	7.00
De 4 a 12 años y 60 a 64 años	0.33	1.00	3.00	4.55	9.09
De 13 a 15 años y 50 a 59 años	0.22	0.33	1.00	3.00	4.55
De 16 a 29 años	0.11	0.22	0.33	1.00	3.00
De 30 a 49 años	0.14	0.11	0.22	0.33	1.00
Suma	1.81	4.66	9.10	17.97	24.64
1/Suma	0.55	0.21	0.11	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia

En el presente anexo N° 1, se realizó en base a los datos establecidos de la matriz de Saaty, con su escala numérica y por observación directa; los números de color rojo significan de fracción correspondiente siendo en diagonal o independientemente de cada comparación de los descriptores; es decir 0.33 se obtuvo de $1/3$, 0.2 de $1/5$, 0.11 de $1/9$ y 0.14 de $1/7$ por observación y comparación de descriptores por escala numérica de la matriz de Saaty. Luego los valores color celeste oscuro son los valores que se dividen en 1 entre cada valor de cada columna de color rojo y el valor 1.00 de forma diagonal es un valor predefinido para cada columna; este procedimiento se obtuvo de un cálculo en excel con los resultados siguientes: “1.00” es un valor predeterminado del factor desencadenante “intensidad de tsunami”. Los de color rojo se obtiene por observación directa en el distrito. Luego, el valor “suma” para cada columna, es la suma de cada columna independientemente del grupo etario. El resultado de cada columna del valor “ $1/\text{suma}$ ” de cada columna se divide 1 entre el valor resultado obtenido del ítem “suma”, independientemente de cada columna.

Anexo 2.

Tabla de matriz de normalización

Matriz de normalización						
Grupo etario (años)	De 0 a 3 años y mayor 65 años	De 4 a 12 años y 60 a 64 años	De 13 a 15 años y 50 a 59 años	De 16 a 29 años	De 30 a 49 años	Vector priorización
De 0 a 3 años y mayor 65 años	0.554	0.643	0.500	0.506	0.284	0.497
De 4 a 12 años y 60 a 64 años	0.185	0.214	0.330	0.253	0.369	0.270
De 13 a 15 años y 50 a 59 años	0.122	0.071	0.110	0.167	0.185	0.131
De 16 a 29 años	0.061	0.047	0.037	0.056	0.122	0.064
De 30 a 49 años	0.079	0.024	0.024	0.019	0.041	0.037

Fuente: Elaboración propia

El valor “0.497” es la suma de la fila “de 0 a 3 años y mayor 65 años” dividido entre “5”, similar procedimiento se da para cada fila de la columna vector priorización, similar se dio con los valores siguientes; luego, el valor “0.554” se obtuvo de multiplicar del primer valor “1” de la primera columna de “de 0 a 3 años y mayor 65 años” (anexo 1. tabla de comparación de pares), con el último valor de la columna mencionada de la fila “1/suma”, similar proceso se da con los valores siguientes.

Anexo 3.

Tabla de vector suma ponderado

Hallando el vector suma ponderado					
Resultados de la operación de matrices					Vector suma ponderada
0.497	0.810	0.595	0.586	0.260	2.749
0.166	0.270	0.393	0.293	0.338	1.460
0.109	0.090	0.131	0.193	0.169	0.693
0.055	0.059	0.044	0.064	0.112	0.334
0.071	0.030	0.029	0.021	0.037	0.188

Fuente: Elaboración propia

“0.497” se obtiene de multiplicar “0.497” de la tabla 11. tabla de matriz de normalización por “1.00”, similar procedimiento se realiza para las siguientes columnas con los valores siguientes de cada columna y de cada fila; posteriormente el resultado de “2.749” es la suma de cada fila, la cual es el mismo procedimiento de los siguientes valores posteriores.

Anexo 4.

Tabla hallando el λ_{max}

Hallando vector suma ponderado	
	5.528
	5.404
	5.291
	5.181
	5.060
Suma	26.464
Promedio	5.293

Fuente: Elaboración propia

“5.528” resulta de la división de “2.749” (anexo 3), tabla del vector suma ponderado entre 0.497 (anexo 2), tabla de matriz de normalización, similar es el procedimiento para cada valor de la columna vector suma ponderado o vector priorización (VSP/VP), luego se suma en la fila suma y se promedia el resultado de la suma entre los cinco valores.

Anexo 5.

Tabla de índice y relación de consistencia

IC	0.073
RC	0.066

Fuente: Elaboración propia

El índice de consistencia (IC) se obtiene de dividir el resultado del promedio del anexo 4. “5.293” tabla hallando el λ_{max} menos cinco (cantidad en la cual se realizó la matriz detallada), dividido entre el número de parámetros que se utilizó la presente matriz, el cual es 5 menos 1, obteniéndose 4, resultando “0.073”

La relación de consistencia (RC) se obtiene del resultado obtenido del índice de consistencia (IC) “0.073” entre el número de parámetros “n” (número de parámetros de matriz) según el cual es “1.115” (por el número de parámetros, en este caso “5”), la cual es obtenida de anexo 6. tabla de proceso análisis jerárquico

Anexo 6.

Tabla de proceso de análisis jerárquico

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	0.5	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
A	25	82	15	52	41	04	52	84	13	35	55	70	83	95

Fuente: Aguaron y Moreno-Jimenez, 2003

Anexo 7.

Matriz de vulnerabilidad

Nivel	Descripción	Rango
Vulnerabilidad muy alta	Grupo etario: de 0 a 5 años y mayor a 65 años. Servicios educativos expuestos: mayor a 75% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: mayor a 60% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: estera/cartón. Estado de conservación de la edificación: Muy mala. Topografía del terreno: $50\% \leq P \leq 80\%$. Configuración de elevación de la edificación: 5 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: mayor a 80%. Localización de la edificación: Muy cerca 0 a 0.20 km. Servicios de agua potable y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas.	$0.260 \leq R \leq 0.503$
Vulnerabilidad alta	Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 75% y mayor a 50% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 60% y mayor a 35% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: madera. Estado de conservación de la edificación: Malo. Topografía del terreno: $30\% \leq P \leq 50\%$. Configuración de elevación de la edificación: 4. Actitud frente al riesgo: escasamente provisoria de la mayoría de la población. Localización de la edificación: cercana 0.20 a 1km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicio de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor a 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicios de telecomunicación: menor o igual 75% y mayor a 50%. Área agrícola: menor o igual 75% y mayor a 50%.	$0.134 \leq R \leq 0.260$
Vulnerabilidad media	Grupo etario: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 50% y mayor a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 35% y mayor a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: quinchá (caña con barro). Estado de conservación de la edificación: Regular. Topografía del terreno: $20\% \leq P \leq 30\%$. Actitud frente al riesgo: parcialmente provisoria de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medidas para prevenir. Localización de la edificación: medianamente cerca 1 a 3km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 50% y mayor a 25% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 25% y mayor a 10%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual a 50% y mayor a 25%.	$0.068 \leq R \leq 0.134$
Vulnerabilidad baja	Grupo etario: de 15 a 50 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: ladrillo o bloque de cemento. Estado de conservación de la edificación: Bueno a muy bueno. Topografía del terreno: $P \leq 10\%$. Configuración de elevación de la edificación: menos de 2 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: menor a 40%. Actitud frente al riesgo: parcial y/o provisoria de la mayoría o totalidad de la población, implementando medidas para prevenir el riesgo. Localización de la edificación: alejada o muy alejada mayor a 3 km.	$0.035 \leq R \leq 0.068$

Fuente: Manual para evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 2° ed. CENEPRED, 2015

Anexo 8.

Matriz de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que..	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo
7	Mucho más importante o preferido que..	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Mas importante o preferido que..	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mas importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que..	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que..	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que..	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que..	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2, 4, 6, 8	Valores intermedio entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores	

Fuente: Thomas Saaty, 1980

Anexo 9.

Descriptores de vulnerabilidad

Fragilidad Social

Criterio		Grado de Tsunami	Peso Ponderado: 0.5	
Descriptor	T1	Grado 4=, altura de ola mayor a 30 m. Run up entre 16 – 24 m. Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera	Pt1	0.503
	T2	Grado =3 altura de ola 10 – 20m. Run up entre 8-12 m. Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa	Pt2	0.260
	T3	Grado = 2, altura de ola entre 5-10 m. Run up entre 4 – 6 m. Hombres, barcos y casas son barridos	Pt3	0.134
	T4	Grado= 1, altura de ola entre 2-5m. Run up entre 2 – 3 m. Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados	Pt4	0.068
	T5	Grado =0. Altura de la ola entre 1-2m. Run up entre 1-1.5m. No produce daños	Pt5	0.035

Criterio		Pendiente del Terreno	Peso Ponderado: 0.5	
Descriptor	Pt1	50 % < p ≤ 80%	Pp1	0.503
	Pt2	30 % < p ≤ 50%	Pp2	0.260
	Pt3	20 % < p ≤ 30%	Pp3	0.134
	Pt4	10 % < p ≤ 20%	Pp4	0.068
	Pt5	P ≤ 10%	Pp5	0.035

Criterio	Grupo Etario	Peso Ponderado:	
-----------------	---------------------	------------------------	--

0.260				
Descriptor	Ge01	De 0 a 5 años y mayores de 65 años	Pge01	0.503
	Ge02	De 6 a 11 años y de 60 a 64 años	Pge02	0.260
	Ge03	De 12 a 17 años y de 45 a 59 años	Pge03	0.134
	Ge04	De 18 a 29 años	Pge04	0.068
	Ge05	De 30 a 44 años	Pge05	0.035

Criterio		Discapacidad	Peso Ponderado:	
			0.216	
Descriptor	D01	Para el uso de brazos y piernas	Pd01	0.498
	D02	Visual	Pd02	0.257
	D03	Mental o intelectual	Pd03	0.132
	D04	Para oír, hablar	Pd04	0.081
	D05	No tiene	Pd05	0.033

Criterio		Nivel Educativo	Peso Ponderado:	
			0.102	
Descriptor	Ne01	Ningún nivel	Pne01	0.522
	Ne02	Inicial	Pne02	0.229
	Ne03	Primaria	Pne03	0.130
	Ne04	Secundaria	Pne04	0.081
	Ne05	Superior	Pne05	0.038

Resiliencia Social

Criterio		Analfabetismo	Peso Ponderado:	
			0.086	
Descriptor	A01	$A > 70\%$	Pa01	0.503
	A02	$50\% < a < 70\%$	Pa02	0.260
	A03	$30\% < a < 50\%$	Pa03	0.134
	A04	$20\% < a < 30\%$	Pa04	0.068
	A05	$A \leq 20\%$	Pa05	0.035

Criterio	Percepción prevención de riesgos	Peso Ponderado: 0.285		
Descriptor	Ppr01	Desconoce los peligros y no percibe el riesgo de su localidad	Pppr01	0.503
	Ppr02	Conoce los peligros pero no percibe el riesgo existente de su localidad	Pppr02	0.260
	Ppr03	Conoce los peligros de su localidad y percibe el riesgo existente	Pppr03	0.134
	Ppr04	Conoce los peligros de su localidad y se siente seguro ante el impacto de los riesgos existentes	Pppr04	0.068
	Ppr05	Se siente protegido y responde el impacto de los peligros que se presenta en su localidad	Pppr05	0.035

Criterio	Actitud frente al riesgo	Peso Ponderado: 0.421		
Descriptor	Afr01	Es fatalista, conformista y con desidia	Pafr01	0.503
	Afr02	Es escasamente previsor	Pafr02	0.260
	Afr03	Es previsor en asumir el riesgo, no implementan medidas para prevenir el riesgo	Pafr03	0.134
	Afr04	Es previsor en asumir el riesgo, asumen el riesgo, implementan escasas medidas para prevenir el riesgo	Pafr04	0.068
	Afr05	Implementan diversas medidas para prevenir el riesgo	Pafr05	0.035

Fragilidad Económica

Criterio	Ocupación principal	Peso Ponderado: 0.093		
D	Op01	Obrero	Pop01	0.375

Op02	Trabajador familiar no remunerado	Pop02	0.335
Op03	Empleado	Pop03	0.139
Op04	Trabajador independiente	Pop04	0.101
Op05	Empleador	Pop05	0.050

Criterio	Localización de la edificación	Peso Ponderado: 0.318	
Descriptor	Le01	Muy cercana 0 a 0.2 km	Ple01 0.503
	Le02	Cerca 0.2 – 1 km	Ple02 0.260
	Le03	Medianamente alejada 1 km – 3 km	Ple03 0.134
	Le04	Alejada 3 km a 5 km	Ple04 0.068
	Le05	Muy alejada > 5 km	Ple05 0.035

Criterio	Material de construcción de la edificación	Peso Ponderado: 0.430	
Descriptor	Me01	Estera, madera o triplay	Pme01 0.503
	Me02	Adobe o tapia	Pme02 0.068
	Me03	Quincha (caña con barro)	Pme03 0.134
	Me04	Piedra con cemento	Pme04 0.260
	Me05	Ladrillo o bloque de cemento	Pme05 0.035

Resiliencia Económica

Criterio	PEA-D	Peso Ponderado: 0.159	
Descriptor	Pea01	Escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo	Ppea01 0.503
	Pea02	Bajo acceso y poca permanencia aun puesto de trabajo	Ppea02 0.260
	Pea03	Regular acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Ppea03 0.134
	Pea04	Acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Ppea04 0.068

Pea05	Alto acceso y permanencia a un puesto de trabajo	Ppea05	0.035
-------	--	--------	-------

Criterio		Ingreso promedio familiar mensual	Peso Ponderado: 0.501	
Descriptor	Ifm01	>3000	Pifm01	0.503
	Ifm02	>1200 -<=3000	Pifm02	0.260
	Ifm03	>264<=1200	Pifm03	0.134
	Ifm04	>149-<=264	Pifm04	0.068
	Ifm05	<=149	Pifm05	0.035

Criterio		Servicios básicos de agua y saneamiento	Peso Ponderado: 0.219	
Descriptor	Sas01	> 75% del servicio expuesto	Psas01	0.503
	Sas02	> 50% y ≤ 75% del servicio expuesto	Psas02	0.260
	Sas03	> 25% y ≤ 50% del servicio expuesto	Psas03	0.134
	Sas04	> 10% y ≤ 25% del servicio expuesto	Psas04	0.068
	Sas05	≤ 10% del servicio expuesto	Psas05	0.035