



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**DIAGRAMA DE REFRACCIÓN PARA DETERMINAR LA
ALTURA DE LA OLA DEL TSUNAMI DE PUERTO ETEN DE 1960**

Autor:

Vallejos Carrillo, Roberto Alonso

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLER EN INGENIERIA AMBIENTAL**

Chiclayo – Perú

2019

Agradecimiento

A nuestra asesora Ing. Betty Flores Mino
y a nuestra Universidad de Lambayeque.

Dedicatoria

A mis padres, que me dieron la oportunidad de estudiar Ingeniería Ambiental, forjadores de los cimientos para mi futuro, que con su ejemplo me seguirán enseñando que el esfuerzo y la dedicación son la mejor herramienta para lograr mis metas. A ellos que me acompañan en todo momento y me brindan su apoyo incondicional. A mis herman@s, espero pueda servirle de ejemplo para su superación.

Resumen

La presente investigación dará a conocer el eje mayor, eje menor, epicentro y distancia de la costa ocurridos por la aparición de sismos en el mar, conocidos como “Tsunamis” plasmados en mapas estéticos ubicados en el distrito de Puerto Eten, siendo de interés en el planeamiento de la Municipalidad Distrital de Puerto Eten, estipulado por Ley N° 29664 en que, todas las entidades del estado deben cumplir con la Gestión de Riesgos en Desastre, siendo los tsunamis un fenómeno de interés por su ubicación costera, por lo que la presente investigación presentará mapa de diagrama de refracción.

Se obtuvo información primaria y secundaria de diversa fuente bibliográfica para la obtención de los resultados, debido a que es el único dato existente que se suscitó un tsunami de grado 7.8 o 7.6 en el año 1960; diversos autores afirman que fue en escala 7.8 y otros de 7.6, para el presente estudio se utilizó la escala de 7.8.

Los resultados serán contrastados por la zona de estudio, usando el Sistema de Información Geográfica, determinando el eje mayor, eje menor, epicentro y distancia de la costa hacia el distrito de Puerto de 1960.

Esta investigación concluirá con la identificación de las distancias ocurridas del tsunami del año 1960 hacia la ciudad de Puerto Eten.

Palabras clave: Diagrama de refracción, Ola, Tsunami.

Índice

I. Problema de investigación	1
1.1 Situación problemática	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Importancia y limitaciones	3
II. Marco teórico y metodológico	4
2.1 Antecedentes bibliógrafos	4
2.2 Variables.....	6
2.3 Hipótesis.....	9
2.4 Tipo y diseño de la investigación	9
2.5 Población y muestra de estudio	9
2.6 Métodos, técnicas y/o instrumentos de recolección de datos.....	9
2.7 Procesamiento y análisis de los mismos	9
III. Resultados	10
IV. Conclusiones	14
V. Recomendaciones.....	15
VI. Referencias bibliográficas	16
VII. Anexos.....	17

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	07
Tabla 2. Ubicación e información del tsunami 1960.....	10
Tabla 3. Cálculo de elipse.....	12

Índice de figuras

Figura 1. Presencia de zona de erosión en Puerto Eten.....	3
Figura 2. Mapa de Diagrama de Refracción.....	10

I. Problema de investigación

1.1 Situación problemática

Según Otiniano (2014) el oleaje es un parámetro importante para la caracterización dinámica de diversa zona de estudio, que permita realizar el debido planeamiento de desarrollo de una zona costera, frente a las costas del Perú, se carece de información medida por un periodo de tiempo prolongado, que, si bien es cierto representan las condiciones de oleaje de cada estación del año específica, no representa las condiciones climáticas (regímenes medios y extrémales) del oleaje esto se suma que en décadas anteriores los equipos de medición de oleaje (ológrafo) solo registraban datos alturas y periodos de oleaje, lo que restringía el análisis de olas a estos dos parámetros.

Para Stauder (2014), en la costa norte del Perú en la 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 kilometro 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.

Nuñez Juárez S. et al (2016), el 20 de junio de 1907 se produjo de intensidad 6 un fuerte sismo en Chiclayo, Lambayeque, Olmos y Ciudad Eten de grado 4.

Para Carpio y Távora (2015) 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 arribo 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 superficie de contacto entre dos placas en un estado no uniforme de distribución de esfuerzos y de energía acumulada, forma una continua liberación de los mismos en forma de sismos sobre algunas partes de dicha superficie dejando otras con mayor acumulación de energía denominadas asperezas. En el Perú se ha hecho uso del catálogo sísmico para el periodo de 1960 a 2012 (Condori y Tavera, 2015). Para el borde occidental del Perú se han identificado la existencia de hasta 5 áreas anómalas para el valor de “b”;

es decir, 5 asperezas cuyas dimensiones permitieron estimar la magnitud de dichos eventos.

En la aspereza A1 se encuentra en la región sur, frente a la zona costera de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna, posiblemente asociada con el de 1868. De acuerdo a las dimensiones de la aspereza, el sismo podría alcanzar una magnitud de 8,8 Mw. El reciente sismo del año 2001 (8,0 Mw) habría liberado parte de esta energía, siendo la restante posiblemente causante de otro sismo de magnitud del orden de 8,2 Mw.

La aspereza A2, se encuentra ubicada frente a la zona costera del extremo noroeste del departamento de Arequipa (Yauca – Acarí), estando asociada al terremoto de 1913. El área de esta aspereza permite estimar la posible ocurrencia de un sismo con magnitud del orden de 7,5 Mw.

La tercera y cuarta aspereza (A3, A4), se encuentran en la zona costera del departamento de Lima y estarían asociadas al terremoto de 1746. De acuerdo a las dimensiones de dichas áreas, el sismo podría presentar una magnitud de 8,8 Mw.

La quinta aspereza (A5), se encuentra frente a la zona costera de Chiclayo y podría estar asociada al terremoto de 1619. Esta aspereza de menor tamaño correspondería a un sismo con magnitud del orden de 7,5 Mw.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Identificar el diagrama de refracción para determinar la altura de la ola del tsunami de 1960.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Realizar el diagrama de refracción de 1960 en el software QGIS.
- Calcular la altura mediante la ola de llegada generada mediante el logaritmo a través del diagrama de refracción.

1.3 Justificación

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.

No obstante, en el mar del distrito presenta dinámica marina, con depósitos inconsolidados de areniscas, limos y coquinas con socavamiento marino de extensión aproximada de 500 m, con acantilados de altitud entre 20 m a 40 m de altura presentándose rajaduras en los acantilados y en el terreno probablemente de antiguas

erosiones, pudiendo afectar a viviendas, restaurantes, centros recreativos y hoteles cercanos al muelle



Figura 01. Presencia de zona de erosión en Puerto Eten

Fuente: Estudio Ambiental de la cuenca del Rio Chancay – Lambayeque (2006)

El diagrama de refracción es importante porque permite calcular la amplitud y el tiempo que demora el frente de onda de la ola en llegar a la costa se obtiene bajo la suposición del tsunami como una ola larga y con la consideración de los efectos de la profundidad del agua y de la refracción. Este método manual se ha utilizado ampliamente para estudiar la propagación de los frentes de tsunami y para estimar las áreas de origen de los tsunamis. Como primer paso para construir un diagrama de refracción, los frentes de onda se dibujan de vez en cuando sucesivamente en un paso de tiempo dado, después de eso, los rayos de onda se dibujan como ortogonales a los frentes de onda. Y se puede estimar que la transformación de la ola en altura aplica la fórmula de Green a la profundidad del agua y al ancho de los dos rayos de onda vecinos para una teoría lineal.

Para determinar el comportamiento de las ondas de las olas del mar difieren de ciertas formas características. Pueden sufrir refracción, reflexión, interferencia y difracción, las cuales estas propiedades básicas definen el comportamiento de una onda: todo lo que refleja, refracta, difracta e interfiere se denomina onda.

La refracción es muy importante para los tsunamis porque (a diferencia de otras olas) interactúan con el fondo del mar incluso en aguas profundas, por lo que siempre se someten a refracción. Esto afecta la dirección en que el tsunami viaja a través del océano. Los tsunamis también refractan alrededor de las masas de tierra.

1.4 Importancia y limitaciones

La importancia de este trabajo se sustenta en que fomentara la investigación en temas de diagramas de refracción, tsunamis, en este u otros distritos marinos costeros.

Las limitaciones que encontré son la existencia de un suceso o escenario de tsunami cerca de la zona marino costera de Puerto Eten en el año 1960, en que para comparar diversos diagramas se necesitan diversos años limitándose la investigación.

II. Marco teórico y metodológico

2.1 Antecedentes bibliógrafos

Internacionales

Eliasson J. (2019) Deslizamientos de tierra y tsunamis generados por terremotos. *Intechopen, volumen (01)*, 01-60, establece como objetivo en poder evaluar la sensibilidad de la curva de peligro a las incertidumbres para determinar la altura de la ola a partir de los giros de las fuentes individuales. En dos estudios de caso, se descubrió que el tsunami y el terremoto de Tohoku en 2011 en Japón fueron causados por un deslizamiento coseísmico (movimiento de la falla durante los terremotos) y un deslizamiento de tierra en combinación, y se encontró una curva de peligro para un punto de referencia al sur de Islandia para tsunamis en el Océano Atlántico Norte, concluyendo en que los métodos analíticos aproximados pueden dar buenos resultados como una primera aproximación para las funciones de transferencia que vinculan las alturas de las olas en el área de origen con las alturas de las olas en un punto de referencia seleccionado en la ruta de propagación de las olas. La mejor posición para ese punto es en alta mar, fuera de la zona de descarga no lineal y olas, pero cerca de los lugares donde se espera el ataque del tsunami. Entonces, una evaluación de riesgos puede producir una curva de altura-frecuencia de ola para este punto.

Inoue y Tanioka (2019) *Method for Near-Real Time Estimation of Tsunami Sources Using Ocean Bottom Pressure Sensor Network (S-Net)*. Facultad de Ciencias del Instituto de Sismología y Vulcanología, Universidad de Hokkaido, *volumen (7)*, 310, en el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una técnica de estimación de fuente de tsunami casi en tiempo real utilizando los datos de presión del fondo del océano observados en esos sensores en S-net., concluyendo que Las magnitudes estimadas de los terremotos Tokachi-oki de 1952 y 1968 del área de elevación estimada fueron 8.2 y 7.9, respectivamente; son casi consistentes con las magnitudes de momento derivadas de los modelos fuente. Esos resultados indican que el método de estimación de la fuente de tsunami desarrollado en este estudio puede usarse para pronósticos de tsunami casi en tiempo real.

Yuichiro T., Gentaro K., Yoshihiro K., Kenji N., Wataru H., Kei'ichi H., Ryo T. (2019) Modelo de falla del terremoto de Hokkaido en el suroeste del siglo XII estimado

a partir de las distribuciones de depósitos de tsunami. *Springer Berlin Heidelberg, volumen (01)*, 01-09, el presente artículo establece como objetivo estimar un modelo de falla del terremoto del siglo XII comparando las distribuciones de depósitos de tsunami y las áreas calculadas de inundación de tsunami en cinco sitios en la isla de Okushiri y la región de Hiyama, concluyendo al realizarse una simulación numérica del tsunami para comparar las áreas de inundación de tsunami calculadas y las distribuciones de depósitos de tsunami a lo largo de la costa de la isla de Okushiri y la región de Hiyama en el suroeste de Hokkaido. Una longitud de 50 km y una cantidad de deslizamiento de 18 m en la falla del norte puede explicar bien la distribución de los depósitos de tsunami. El momento sísmico del modelo de falla estimado se calculó en 9.95×10^{20} Nm (M_w 7.9). Este valor es mayor que el de los otros terremotos conocidos del Mar de Japón. El modelo de falla estimado del terremoto del siglo XII se ubicó entre el terremoto de Hokkaido Nansei-oki de 1993 y el terremoto del Mar de Japón de 1983.

Cheng-Hao L., Jiun-Yee Y., Shyh-Jeng C., Neng-Ti Y., Jia-Hong C. (2019). Registros geológicos de tsunamis del Mar del Sur de China en las Islas Penghu, Taiwán. *Journal of Asian Earth Sciences, volumen (177)*, 263-274, en el presente artículo establecen en el Mar del Sur de China del NE y las Islas Penghu en el área costera occidental de Taiwán son seleccionadas para un estudio geológico de tsunami debido a sus ventajas de largas costas y abundantes depósitos del Holoceno superior, en la cual concluyen los autores que según los resultados de datación por radiocarbono de los depósitos del evento, es probable que ocurrieran tres tsunamis en los períodos del 4 al 6, del 11 al 12 y del 15 al 16. En consecuencia, un intervalo de recurrencia de 400 a 500 años se asocia con estos depósitos de eventos. Estos hallazgos demuestran que existen grandes riesgos de tsunami en la cuenca del mar del sur de China y requieren más certificaciones y estudios futuros. La contribución principal de este estudio también está respaldada por el tsunami de Guangzhou AD 1076, que es comparable en edad al depósito del evento medio.

Ikonnikova, y Yaroshenya (2015). *Calculation of the refraction of tsunami waves for the Pacific coast of the USSR*. Departamento de Pesca y Océanos del Instituto de ciencias del océano Sidney, B.C. El artículo trata algunos aspectos teóricos de la refracción. El método de cálculo y construcción de frentes de onda y ortogonales a ellos (onda rayos) se propone. Se han dado y comprobado siete aspectos del método. De acuerdo con ellos, los esquemas de refracción de la propagación del tsunami para Se ha construido la zona Kurile-Kamchatka. El problema de la estimación del peligro de

tsunami para diferentes partes de la costa Kurile-Kamchatka debido al fenómeno de refracción de la ola de tsunami se considera en detalles Refraction Effect of Tsunamis around the Noto Peninsula, the Japan Sea.

2.2 Variables

2.2.1 Variable dependiente.

Altura de la Ola del Tsunami de 1960

2.2.2 Variable independiente.

Diagrama de refracción

Tabla 01*Operacionalización de Variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE: Altura de la Ola del Tsunami de 1960	La altura es la distancia entre la cresta y la base de la ola. Se suele medir en metros (CENEPRED, 2014, p.110)	Zonas vulnerables	Alto ----- Medio ----- Bajo	Software en Modelamiento en mapeo en QGIS	Mapa

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Diagrama de Refracción	Grafico en el cual la refracción es la flexión, de la trayectoria de una onda sísmica causada por su paso de un material a otro frente de ola de tsunami debido a variaciones en la profundidad del agua a lo largo de una costa, estimando o valorando la ocurrencia de un fenómeno con un mecanismo generador, de tiempo y ámbito geográfico determinado" (CENEPRED, 2014, p. 127)	Eje mayor Eje menor Epicentro Distancia a la costa	Escala de Soloviev (indicador de la altura de la ola)	Recopilación de información primaria y secundaria Escala de Soloviev Diagrama de refracción	Km
					M
					Grados
					Soloviev

Fuente: Elaboración propia

2.3 Hipótesis

H₀: Si se utiliza el diagrama de refracción, entonces se podrá determinar la altura de la ola generada por el tsunami de 1960

H₁: Si se utiliza el diagrama de refracción, entonces no se podrá determinar la altura de la ola generada por el tsunami de 1960

2.4 Tipo y diseño de la investigación

El término diseño de la 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.

2.5 Población y muestra de estudio

a) Población

Población de las Olas del distrito de Puerto Eten

b) Muestra de estudio

Magnitud y tiempo de llegada de la Ola a la costa del año de 1960

2.6 Métodos, técnicas y/o instrumentos de recolección de datos

a) Observación

Se exploraran 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).

b) Análisis de documentos

A su vez, se realizará la revisión bibliográfica y se analizara documentos recopilados por diversas instituciones públicas y privadas nacionales e internacionales en temas en diagramas de refracción, así como libros y revistas.

2.7 Procesamiento y análisis de los mismos

Se realizará un análisis cuantitativo y cualitativo de los datos obtenidos en la información a través de cuadros comparativos estadístico procesado en Microsoft Excel, y en el diseño de mapas se desarrollarán en programas como Qgis, los cuales serán analizados cada uno para su posterior resultado final.

III. Resultados

3.1. Realizar el diagrama de refracción de 1960 en el software QGIS.

Se realizó el diagrama de refracción de 1960 con fuente primaria de *shapefiles* descargados de la web Geogps Perú, y procesados en el software QGIS versión 3.8.1 con la siguiente información:

Tabla 2: Ubicación e información del tsunami 1960

Ubicación:	Epicentro:	Magnitud:	Intensidad máxima:	Profundidad:
86.98 km	541998 E; 9259399 N	7.8 Mw (magnitud del momento)	VII (Escala de Soloviev)	60 km

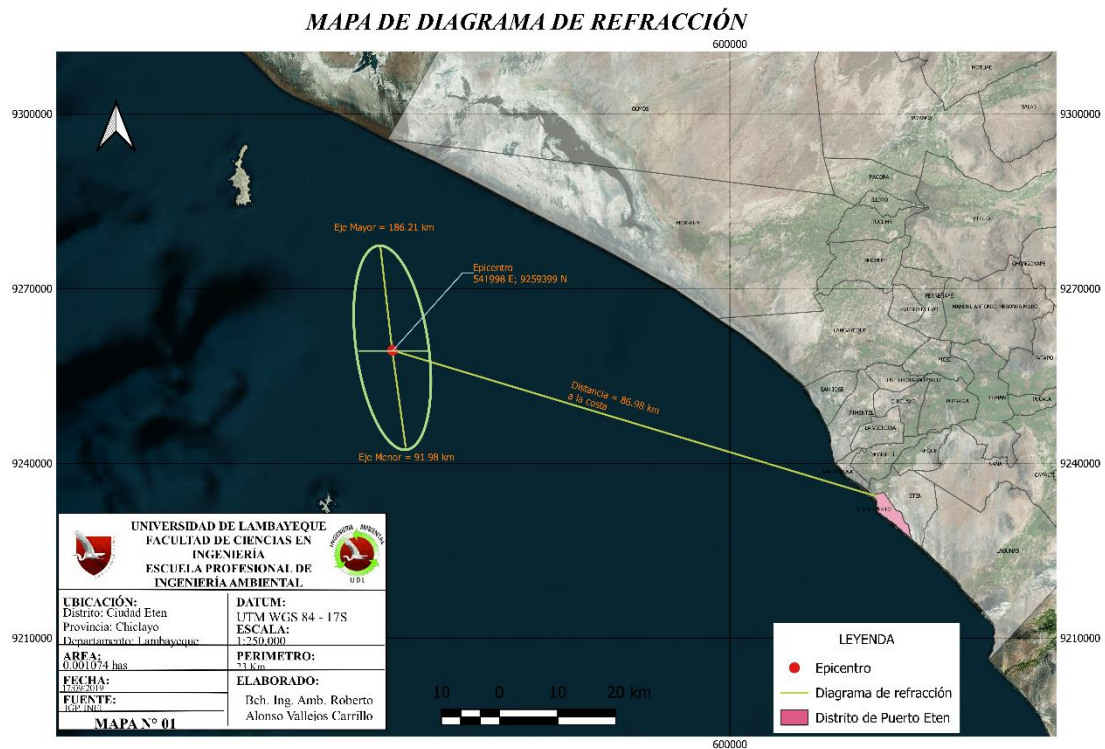


Figura 02. Mapa de Diagrama de Refracción

Fuente: Estudio Ambiental de la cuenca del Rio Chancay – Lambayeque (2006)

3.2. Calcular la altura mediante la ola de llegada generada mediante el logaritmo a través del diagrama de refracción.

Para calcular la altura mediante la ola de llegada generada mediante el logaritmo a través del diagrama de refracción se determina el cálculo del eje mayor y menor del “Modelo de Propagación de un Tsunami a través del Diagrama de Refracción” (Godoy & Monge. Metodología para la evaluación del riesgo de tsunamis, 1975). Determinándose en primer lugar la zona perturbada a través del cálculo de una elipse con centro en el epicentro 541998 E 9259399 N con el eje mayor paralelo a la zona de generación de sismos y con una longitud calculada por la siguiente fórmula:

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

$$10^{\frac{2}{3}x7.8-2.93}$$

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

A metros:

$$S = 186.21 \times 1000$$

$$S = 186210 \text{ m}$$

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

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

Dónde:

S = Longitud del Eje Mayor; M= Magnitud del Sismo.

El eje menor perpendicular a la dirección del eje mayor tiene una longitud calculada por la siguiente fórmula:

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

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

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

- b tiene que estar representada en metros, al hacer la conversión se obtendrá:

$$b = 91.98 \times 1000$$

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

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

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

- Dónde:
- b = Longitud del eje menor; M = Magnitud del sismo; S = Longitud del eje mayor.
- Para el caso del sismo asumido frente a la costa del Distrito de Puerto Eten las longitudes de los ejes son:
- Eje mayor = 186.21 Km; Eje menor = 91.98 Km

Tabla 3: Cálculo de 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

A partir del elipse según por las formulas anteriormente descritas, se procede a generar las olas que se moverán indistintamente en todos los sentidos y de manera inevitable se dirigirán hacia la costa del Distrito de Puerto Eten. Posteriormente, se calculan mediante el diagrama de refracción obtenido, la distancia que hay entre cada una de estas líneas, esto depende del tiempo que se le otorgue para el cálculo y de la profundidad batimétrica. Finalmente la distancia recorrida por la ola se calcula con la siguiente formula:

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

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

$$d = 1,878.29 \text{ m}$$

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)

Para el desarrollo de la investigación se vio necesario fijar como intervalo de tiempo 60 segundos y la batimetría a 100 m.

Luego se realizó el cálculo de la altura máxima de ola mediante la ecuación propuesta por Silgado (1978) derivando una formula regional para el cálculo de la altura de ola para el Perú y norte de Chile:

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

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

$$H = 3 \text{ m}$$

Dónde:

H = Altura de la ola máxima (m); M = Magnitud del sismo.

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

$$H = 3.00 + 0.99 = 4.99 \text{ m} \rightarrow 5 \text{ m}$$

IV. Conclusiones

- Se realizó el diagrama de refracción en el software QGIS 3.8.1 de los datos obtenidos del año 1960, observándose que la distancia del epicentro hasta la misma ciudad es de 86.98 km, debido a que plasma estéticamente en mapas de estos software.
- El cálculo de la altura mediante la ola de llegada se realizó por el cálculo de la altura máxima de ola mediante el logaritmo de la ecuación propuesta por Silgado (1978) derivando una formula regional para el cálculo de la altura de ola para el Perú y norte de Chile, resultando 3 m pero según la dirección de Hidrología y Navegación del Perú, este resultado se suma con el pleamar de 0.99 m, el cual la altura de las olas es de 5 m.

V. Recomendaciones

- Se recomienda mayor monitoreo de sismógrafos del DHM de la Marina de Guerra, y entidades adscritas del MINAM para afrontar tsunamis de estas magnitudes, acorde a los planes de Gestión en Riesgos en Desastres y sean aplicables en la municipalidad de Puerto Eten.
- Es de vital importancia el uso de los Sistemas de Información Geográfica, para determinar y modelar diversos eventos de Tsunami y publicarlos en centros de investigación acreditados por SUNEDU.
- Las alturas de las olas del mar determinan los cambios y características de la flora y fauna existente en la zona marina costera originando la migración nuevas especies o existentes se fomente el estudio de estos seres vivos.

VI. Referencias bibliográficas

- CENEPRED (2015), Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2° Edición
- Cheng-Hao L., Jiun-Yee Y., Shyh-Jeng C., Neng-Ti Y., Jia-Hong C. (2019). Registros geológicos de tsunamis del Mar del Sur de China en las Islas Penghu, Taiwán. *Journal of Asian Earth Sciences*, volumen (177), 263-274. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367912019301191>
- El Peruano, E. P. (s.f.). Constitución Política del Perú. Lima, Perú: El Peruano.
- Eliasson J. (2019) Deslizamientos de tierra y tsunamis generados por terremotos. *Intechopen*, volumen (01), 01-60. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/earthquakes-impact-community-vulnerability-and-resilience/earthquake-generated-landslides-and-tsunamis>
- Ikonnikova, y Yaroshenya (2015). *Calculation of the refraction of tsunami waves for the Pacific coast of the USSR*. Departamento de Pesca y Océanos del Instituto de ciencias del océano Sidney, B.C.
- 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.
- MINAM (2008), Glosario de términos de la gestión ambiental peruana
- Municipalidad Distrital de Puerto Eten (2016) Plan de Desarrollo Concertado Local PDCL al 2026
- Velasco, E. y López, G. (2016). Marco conceptual para investigaciones tsunamigénicas: caso litoral Pacífico colombiano. *Boletín de Geología*, 38(4): 79-106.
- Yuichiro T., Gentaro K., Yoshihiro K., Kenji N., Wataru H., Kei'ichi H., Ryo T. (2019) Modelo de falla del terremoto de Hokkaido en el suroeste del siglo XII estimado a partir de las distribuciones de depósitos de tsunamis. *Springer Berlin Heidelberg*, volumen (01), 01-09. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40623-019-1034-6#citeas>

VII. Anexos

VISTAS FOTOGRAFICAS





MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO	VARIABLE	DIMENSIONES/ INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
Diagrama de refracción para determinar la altura de la ola del tsunami de Puerto Eten de 1960.	¿Se podrá identificar la altura de la ola generada por el tsunami de 1960 mediante el diagrama de refracción?	Ha: Si se utiliza el diagrama de refracción, entonces se podrá determinar la altura de la ola generada por el tsunami de 1960.	GENERAL	Variable Independiente: Diagrama de refracción	DIMENSIONES	DISEÑO	TECNICAS
			Identificar el diagrama de refracción para determinar la altura de la ola del tsunami de 1960.			Eje mayor Eje menor Epicentro Distancia a la costa	Descriptivo
				ESPECIFICOS	Variable dependiente: Altura de la Ola del Tsunami de 1960	Alto Medio Bajo	POBLACION
			-Realizar el diagrama de refracción de 1960 en el software QGIS. -Calcular la altura mediante la ola de llegada generada mediante el logaritmo a través del diagrama de refracción	INDICADORES		MUESTRA	ANÁLISIS DE DATOS
					Escala de Soloview (Indicador de altura de ola)	Muestreo probabilístico	Microsoft Word Microsoft Excel Software QGIS

Autor: Vallejos Carrillo Roberto Alonso

Asesora: Ing. Betty Esperanza Flores Mino