

C A P Í T U L O I I I

POSIBLES EFECTOS DE TSUNAMIS EN LAS COSTAS DE LIMA METROPOLITANA

LA COSTA EN ESTUDIO

El área estudiada comprende las zonas bajas de la costa de Lima - Metropolitana limitada entre Ancón, por el Norte, y Pucusana por el Sur. En su parte central se ubica el Callao, que es el principal puerto marítimo del Perú, por donde se importa y exporta aproximadamente el 60% del volumen total que moviliza el país.

En el Callao se encuentra también la Base Naval Peruana más importante, la Escuela Naval del Perú, la Escuela Marinos Mercantes, y la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina. Hacia el Norte se localiza una de las zonas industriales de Lima, la pista de vuelo del Aeropuerto Internacional Lima-Callao, y en su extremo Norte, una refinería de gasolina (La Pampilla).

Desde Lima hacia el Sur, lo mismo que desde Ventanilla hacia el Norte, las poblaciones estudiadas son áreas recreacionales de verano para los cerca de 5 millones de habitantes de Lima Metropolitana; pero algunas de ellas como Ventanilla, La Punta y Pucusana tienen población estable (residente). Las otras ciudades tienen una población flotante que se duplica o triplica en los meses de verano.

La población amenazada de manera más peligrosa comprende cerca de 200,000 habitantes. En suma, se trata del tramo de costa más importante del país.

LA ZONA DE GENERACION DE LOS TSUNAMIS Y CARACTERISTICAS DE LA GENERACION.

En el Capítulo II se consideraron las causas generadoras de los tsunamis que afectan al Perú, concluyéndose que los más destructivos serían los producidos por sismos sudamericanos y algunos telesismos. Dentro de los primeros son singularmente importantes, por el escaso tiempo que media entre su generación y el arribo a la costa y por su posible fuerza destructiva, los generados directamente frente a la costa. El punto de partida de esta parte del estudio fue, entonces, la localización de la zona de generación de tsunamis de origen cercano que afectarían más desfavorablemente las costas de Lima Metropolitana.

Para delimitar la zona se hizo uso de los registros sísmicos (epicentros, profundidades focales, magnitudes) de los últimos años y de algunas apreciaciones históricas (Anexo I). Dentro de estas últimas es importante el estudio de Enrique Silgado sobre los sismos más notables ocurridos en el Perú entre 1513 y 1974.

Si se plotean en un mapa los epicentros de los sismos del: 24/8/1942 (15°S y 76°W; profundidad focal = 60 kms; Magnitud = 8.2 Richter), 17/10/1966 (10.7°S y 78.6°O, p.f. (Δh) = 38 kms. M = 7.5 Richter), y 3/10/1974 (12.3°S y 77.8°O, Δh = 13 kms. M = 7.5 Richter), se encontrará que la línea que une los tres epicentros se ubica entre la fosa Perú-

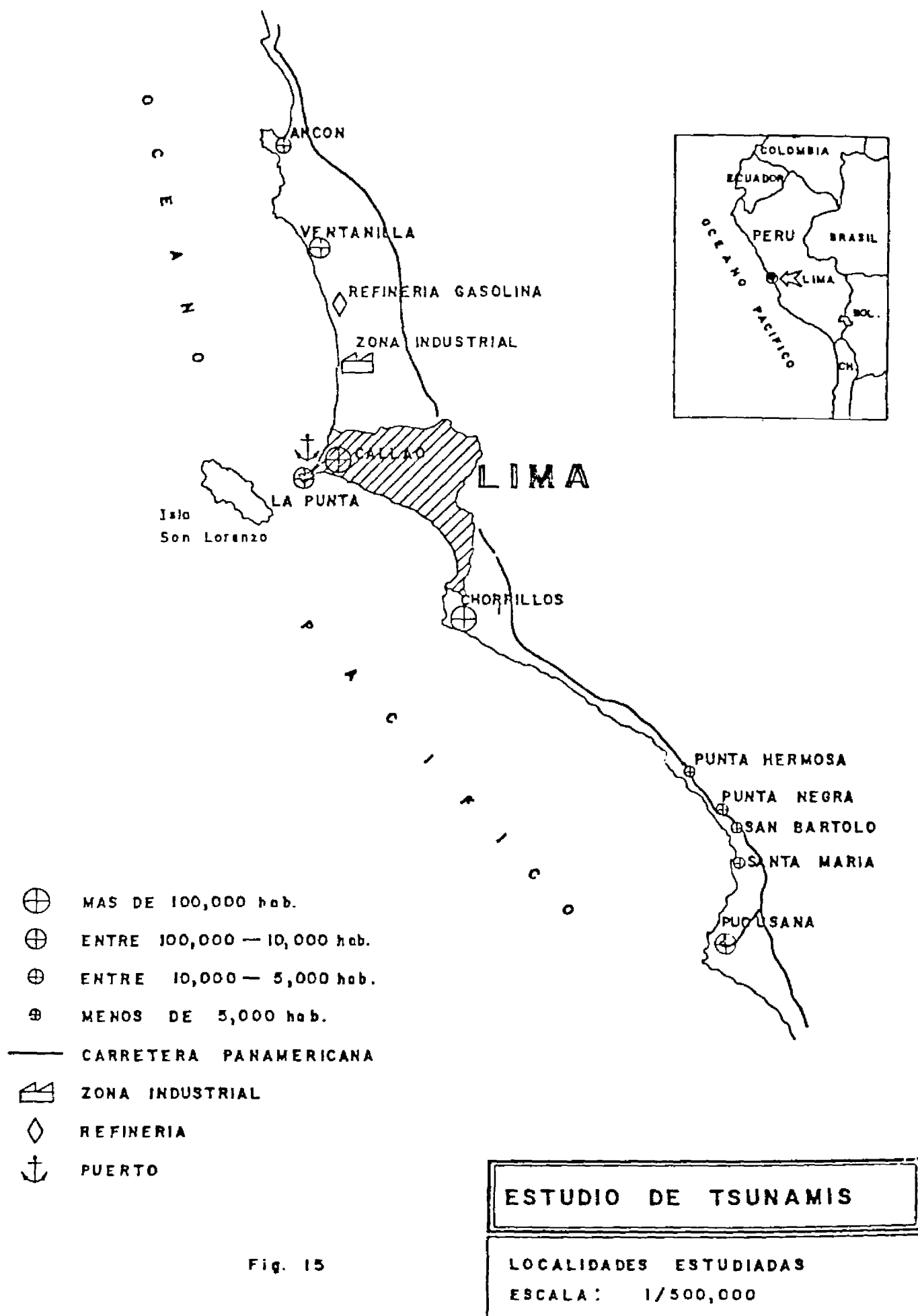


Fig. 15

Chile y la costa, y es paralela a ambas y a la Cordillera de los Andes. Por otra parte, Silgado en su estudio asignó a los sismos anteriores a los registros instrumentales, epicentros y magnitudes obtenidas de relaciones empíricas por él encontradas entre la Magnitud, intensidad y extensión areal de los sismos ocurridos en el Perú en los últimos cuarenta años. Así, para Silgado, el sismo del 9/7/1586 habría tenido su epicentro en los 12.2°S y 77.7°O y Magnitud 8.1 Richter; el del 20/10/1687, epicentro en los 13°S y 77.5°O , y Magnitud 8.2 Richter; el del 1/12/1806, epicentro en los 12°S y 78°O (no estimó la Magnitud). Al sismo del 28/10/1746, Silgado le asigna la máxima Magnitud (8.4 Richter) y estima su epicentro en los 11.6°S y 77.5°O , a 24 kms. de la costa. Todos estos sismos generaron tsunamis.

Ahora bien, el tiempo de arribo del tsunami producido por este último sismo fue de 30 minutos; si se utiliza la carta de refracción del tsunami de 1966, preparada para este estudio (ver acápite siguiente), se puede especular la situación del borde de la elipse o frente inicial de onda y, en consecuencia, el epicentro del sismo. En efecto, "retrocediendo" el tsunami 30 minutos desde la costa a mar adentro, se obtiene el frente inicial a partir del cual se plotearía la elipse generadora, cuyo ancho es función de la Magnitud Sísmica pero limitada por el ancho de la interfaz de contacto entre las placas Nazca y Sudamericana, que para el caso de la costa central del Perú se calcula entre 75 a 100 kms. De esta manera, estimamos que el epicentro del sismo de 1746 estuvo en realidad a 100 kms. de la costa, aproximadamente.

En consecuencia, los epicentros de los sismos de 1586, 1687, 1746 y 1806 se ubicarían a uno y otro lado de la línea mencionada al principio y muy cerca de ella, delimitando una franja sísmica que produjo los tsunamis de origen cercano más desfavorables, por el escaso tiempo de arribo a la costa y por su poder destructivo.

Por lo tanto, cabe señalar a la angosta franja entre la fosa Perú-Chile y la costa central del Perú, y paralela a ellas, como la zona sísmica de probable generación de tsunamis de origen cercano a Lima Metropolitana. Esta franja sísmica tendría como eje la línea que une los epicentros de los sismos de 1942, 1966 y 1974, pudiéndosele considerar a dicho eje como la línea de epicentros probable que puede generar un tsunami que llegaría a la costa en el tiempo más corto.

Considerando los registros sísmicos y apreciaciones históricas, los tsunamis se generarían siempre y cuando los sismos en la franja reunieran las siguientes características: Magnitud igual o mayor a 7.5 - Richter, y profundidad focal igual o menor a 60 kms.

APLICACION DEL METODO DE REFRACCION EN LA ESTIMACION DEL TIEMPO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA A LA COSTA.

De los tres sismos cuyos epicentros se han elegido como referencia de la zona generadora de tsunamis, los dos últimos (1966 y 1974) - son particularmente importantes para nuestro estudio por las siguientes razones:

- ambos poseen registros confiables de epicentro, magnitud y profundidad focal;
- los tsunamis generados fueron registrados por el mareógrafo de La Punta

ta, el que registró también el momento del sismo. Esto hace posible obtener del mareograma el tiempo real de arribo de la primera ola del tsunami a La Punta.

Como se ha explicado en el Capítulo II, el Método de las curvas de refracción permite reconstruir el viaje del tsunami desde su frente de onda inicial hasta la costa. Como los siguientes frentes se dibujan cada cierto intervalo de tiempo (p.ej., 1 minuto), el tiempo de viaje es una consecuencia del gráfico. La comparación del tiempo real, dado por el mareograma, y el tiempo hipotético, dado por la Refracción, determina la precisión de la hipótesis de generación asumida.

El anterior proceso fue aplicado a los tsunamis de 1966 y 1974 con los siguientes resultados.

EL TSUNAMI DEL 17 DE OCTUBRE DE 1966

El epicentro del sismo que lo generó estuvo ubicado en las coordenadas 78.6° longitud Oeste y 10.7° latitud Sur, al Noroeste de la costa estudiada. La profundidad focal fue de 38 kms. y la Magnitud 7.5 en la escala Richter.

Aplicando las fórmulas 2.3 y 2.4 del Capítulo II, se encontró que:

$$S = 117.5 \text{ kms. (eje mayor de la elipse)}$$

$$b = 72.8 \text{ kms. (eje menor de la elipse)}$$

Ubicado al centro de la elipse sobre el epicentro y dibujada aquella, se procedió al trazado de las curvas de refracción que se presentan en la figura 16. Como se puede observar, las ondas que viajan por zonas profundas lo hacen a mayor velocidad que aquellas que lo hacen pegadas a la costa, por lo que el frente de onda que inicialmente viajaba de Norte a Sur, gira gradualmente hasta colocarse (a los 35 minutos de iniciado el viaje) prácticamente paralelo a la costa, y desde ese momento sigue avanzando de tal manera.

De los 45 minutos en adelante se ha cambiado la escala del plano de trabajo, pero no se incluye aquí por razones de espacio. El tsunami llega a La Punta 54 minutos después de su partida desde el borde de la elipse.

En la figura 17 se presenta el registro del tsunami obtenido por el mareógrafo de La Punta. En él se observa que el sismo ocurrió a las 16h 41m 58s (hora local) y que la primera ola llegó a dicho lugar a las 17h 36m. El tiempo o intervalo entre ambos eventos es también de 54 minutos. La coincidencia de ambos valores es una casualidad y en general no se espera que esto ocurra. Se considera que los resultados son aceptables si dan valores del mismo orden de magnitud.

EL TSUNAMI DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974.

El epicentro del sismo se ubicó prácticamente frente al Callao: 77.8° Oeste y 12.3° Sur. La profundidad focal fue de 13 kms. y la magnitud 7.5 Richter. Los ejes de la elipse generadora son iguales a los

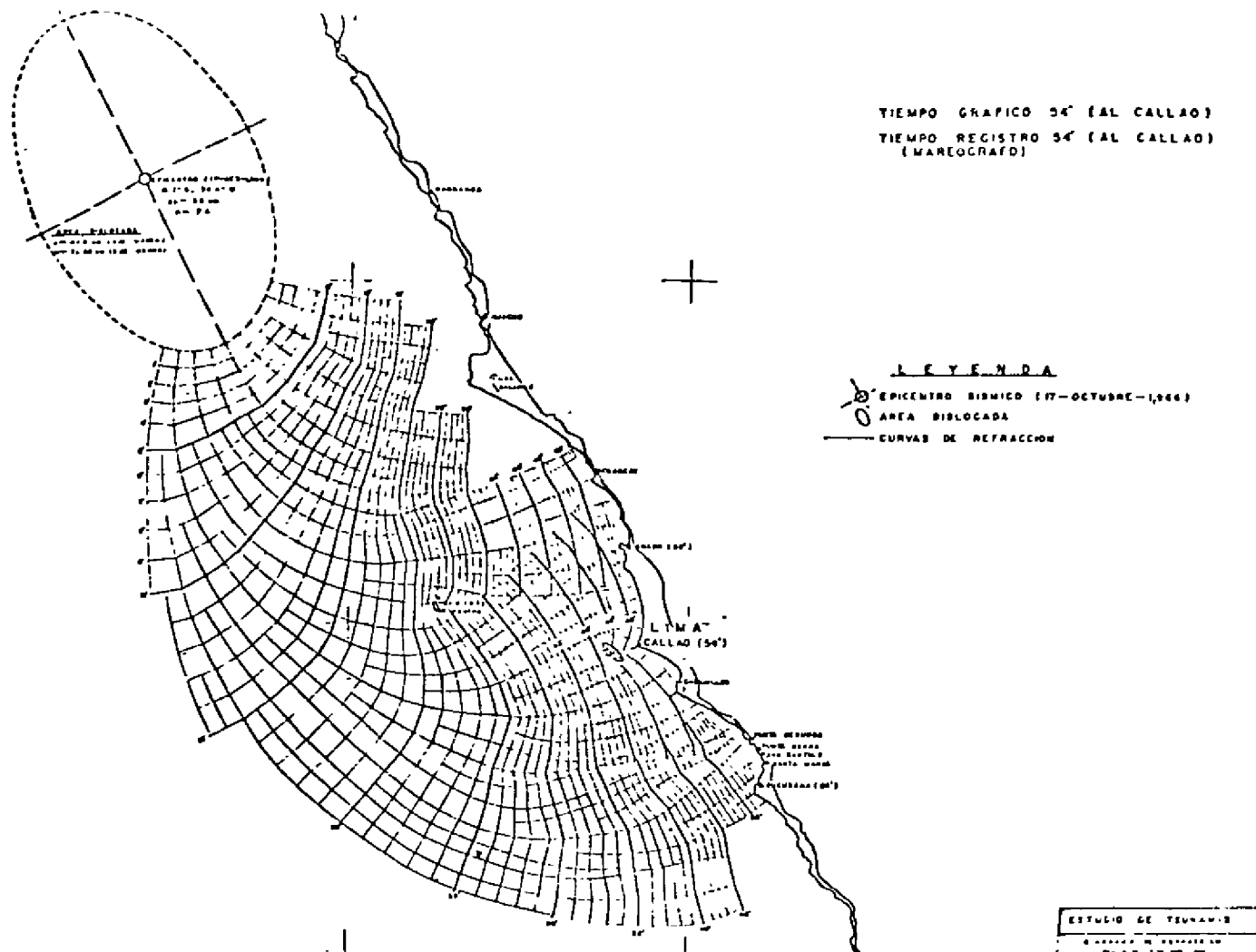


Fig. 16 DIAGRAMA DE REFRACCION DEL TSUNAMI DEL 17 DE OCTUBRE DE 1966.

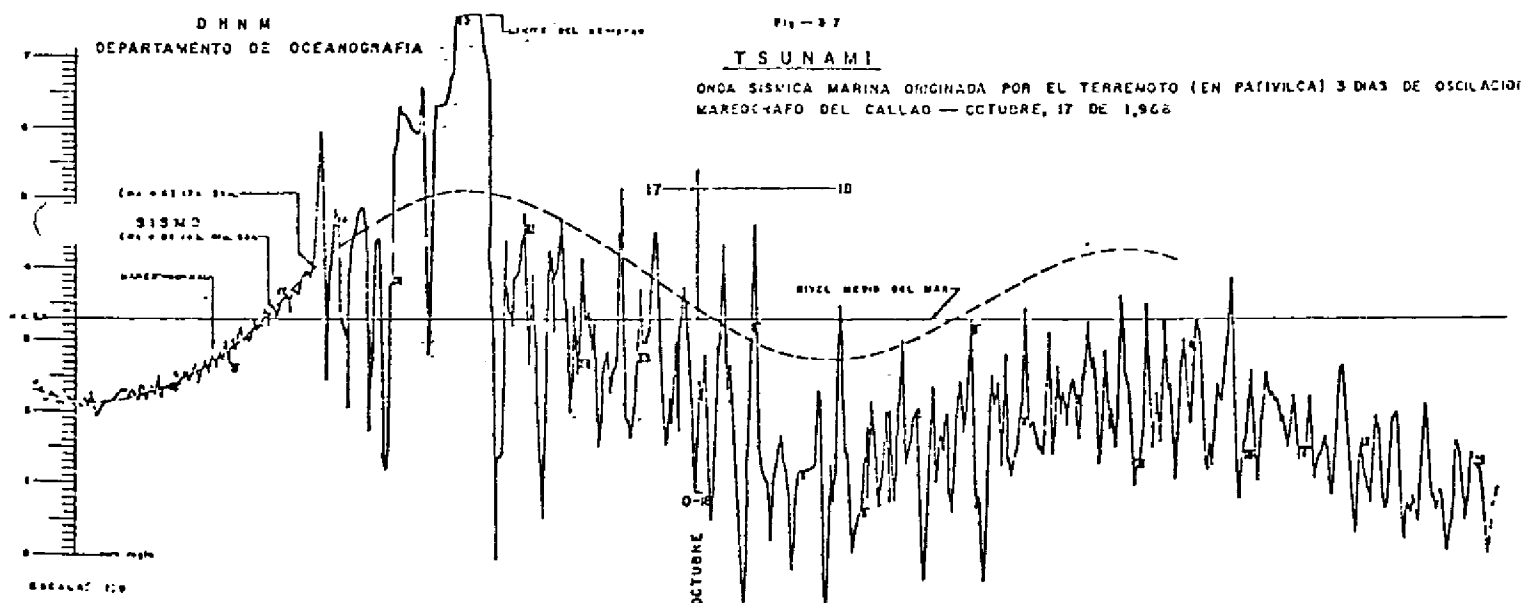


Fig. 17 REGISTRO DEL TSUNAMI DEL 17/10/1966 OBTENIDO EN EL MAREOGRAFO DE LA PUNTA-CALLAO (CORTESIA DE LA DIRECCION DE HIDROGRAFIA Y NAVEGACION DE LA MARINA DE GUERRA DEL PERU)

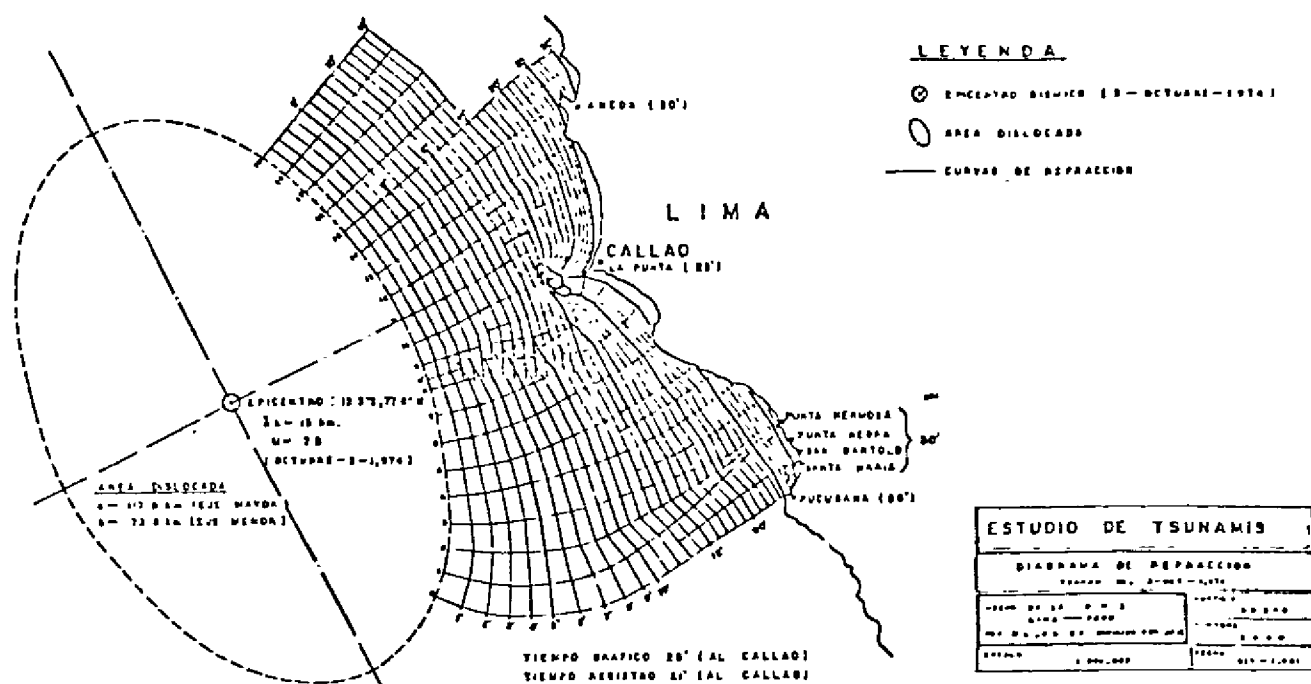


Fig. 18 DIAGRAMA DE REFRACCION DEL TSUNAMI DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974

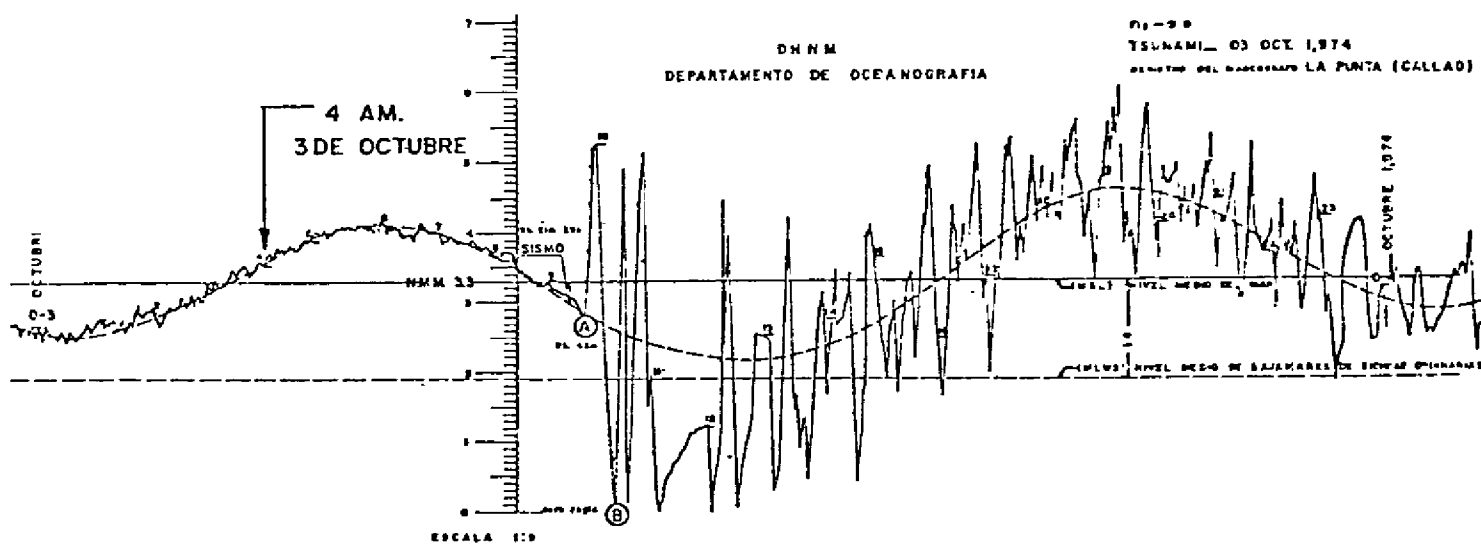


Fig. 19 REGISTRO DEL TSUNAMI DEL 3/10/1974. OBSERVE EL EFECTO DE LA MAREA EN LA ALTURA MAXIMA DE LAS OLAS.

del sismo de 1966 por estar en función de la Magnitud Sísmica, que es la misma para ambos eventos.

Las curvas de refracción que se presentan en la figura 18 dan un tiempo de viaje de 25 minutos.

Del registro del mareógrafo de La Punta se obtiene que el sismo ocurrió a las 9h 21m (hora local), y que la primera ola llegó a las 9h 42m, lo que da un tiempo de viaje de 21 minutos (Ver figura 19).

Los valores obtenidos, 25 y 21 minutos, son bastante cercanos, por lo tanto aceptables y muy útiles para los fines de nuestro estudio.

Observando los dos diagramas se puede concluir que:

- i) Los frentes de onda de los tsunamis avanzan paralelos a la costa limeña desde 19 a 20 minutos antes de llegar a ella, lo cual es consecuencia de la regularidad de las líneas batimétricas que son también paralelas a la costa (recordar que la velocidad de propagación, y por lo tanto el espacio recorrido en un tiempo dado, son función directa de la profundidad del océano por el cual viaja el tsunami; fórmula 2.2, Capítulo II).
- ii) El diagrama de refracción de 1966 muestra que desde su origen el frente de onda del tsunami gira gradualmente hasta ponerse paralelo a la costa limeña; como el giro es consecuencia de la velocidad y por lo tanto de la profundidad del agua, cabe suponer que cualquiera sea el punto donde se ubique el origen de un tsunami cercano, el frente de onda incidirá paralelo a la costa limeña, de acuerdo a lo expresado en el párrafo i).

En consecuencia, al trazar frentes de onda desde la línea que une los epicentros de los dos sismos (eje de la zona tsunamigénica) se obtienen curvas paralelas a la línea de costa. Estas curvas pueden utilizarse para estimar el tiempo de llegada de un tsunami de origen cercano a cualquier punto de la costa limeña, como se verá a continuación.

GRAFICO PARA ESTIMAR EL MINIMO TIEMPO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA A CUALQUIER PUNTO DE LA COSTA LIMEÑA.

El diagrama mostrado en la figura puede utilizarse para calcular de manera rápida y simple el mínimo tiempo de arribo de la primera ola a cualquier punto de la costa limeña, si se asume que el epicentro del sismo tsunamigénico se ubica directamente al frente de dicho punto, y se asume o se da la magnitud del terremoto. Veamos como:

1. Desde el punto de la costa seleccionado se traza una perpendicular a la línea de epicentros. La intersección de ambas será al centro de la elipse.
- 2 A partir del centro de la elipse se traza en dirección a la costa la distancia $b/2$ o semi eje menor, estimado en función de la fórmula 2.4 del Capítulo II, con las siguientes limitaciones:
 - La Magnitud Sísmica no debe ser menor a 7.5 Richter.

Fig. 20 GRAFICO PARA ESTIMAR EL MINIMO TIEMPO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA A CUALQUIER PUNTO DE LA COSTA DE LIMA METROPOLITANA.

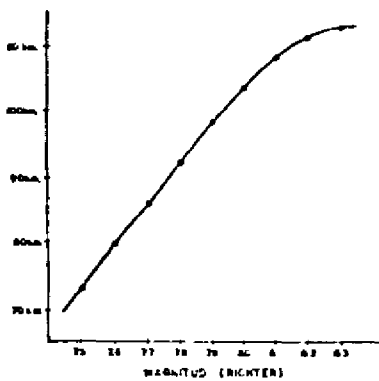
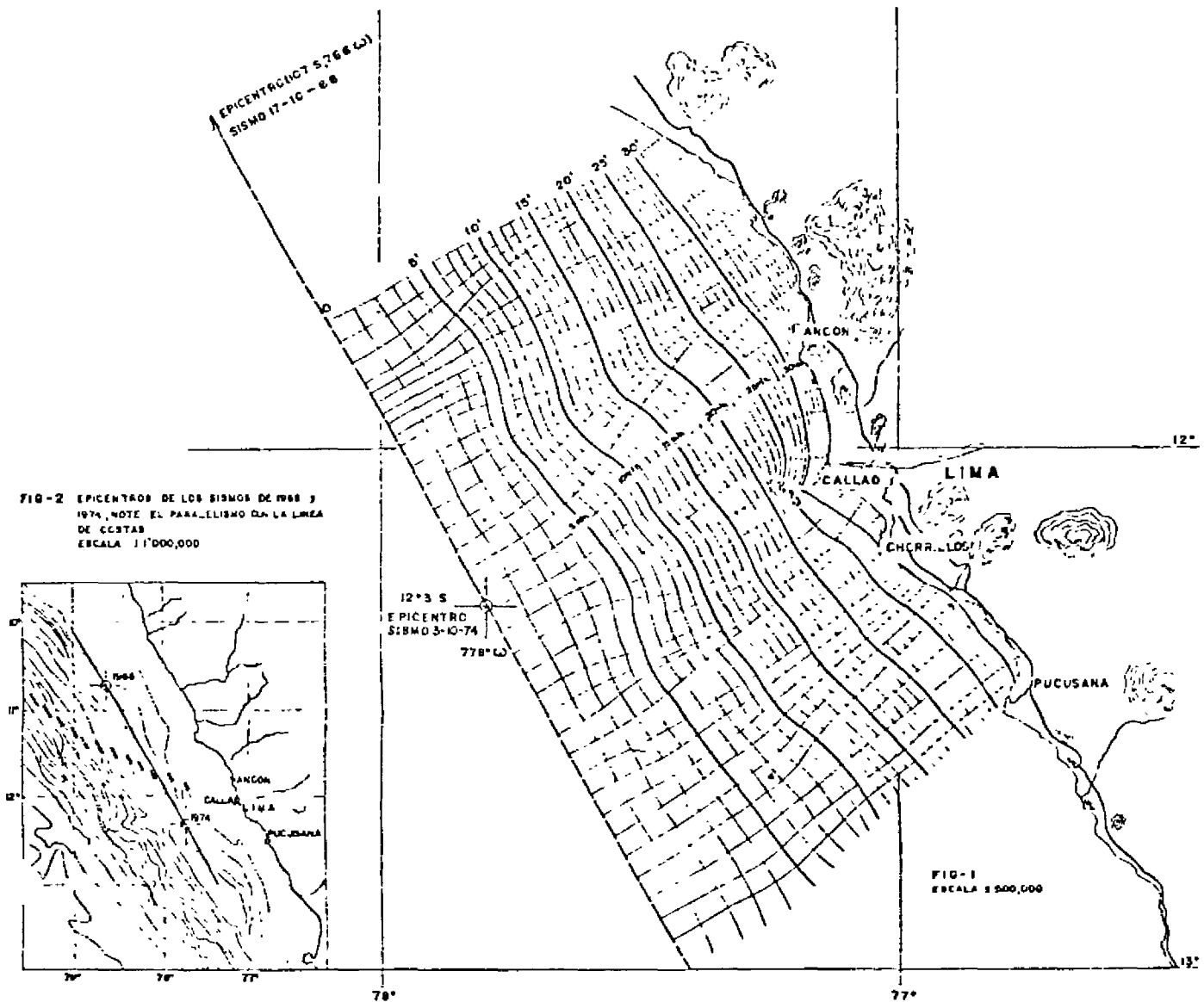


FIG-3 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL EJE MENOR DE LA ELIPSE DONDE SE GENERA EL TSUNAMI EN FUNCIÓN DE LA MAGNITUD

USO DE GRAFICOS PARA ESTIMAR EL TIEMPO MINIMO DE LA PRIMERA OLA

- 1- UBICAR EL PUNTO DE INTERÉS EN LA COSTA EN LA FIG-1 Y TRAZAR DESDE ALLÍ UNA $\perp$ A LA LINEA DE EPICENTROS
- 2- DETERMINAR LA MAGNITUD DEL SISMO, DEL GRAFICO 3 OBTENER Δ
- 3- A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN DE $\perp$ CON LINEA DE EPICENTROS LLEVAR EN DIRECCIÓN DE LA COSTA LA DISTANCIA $\Delta/2$
- 4- DETERMINAR EL TIEMPO QUE ABARCA $\Delta/2$ RESTAR DEL TIEMPO TOTAL LO QUE ABARCA $\Delta/2$, LA DIFERENCIA DARÁ EL MINIMO TIEMPO BUSCADO

ESTUDIO DE TSUNAMIS

GRAFICOS PARA ESTIMAR TIEMPO MINIMO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA

COORDENADAS DEL PUNTO DE INTERÉS	COORDENADAS DEL EPICENTRO
LONGITUD	LONGITUD
LATITUD	LATITUD
TIEMPO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA	TIEMPO DE LLEGADA DE LA PRIMERA OLA

- Como el valor b depende del ancho de la interfaz de contacto entre las placas Nazca y Sudamericana, el cual se ha venido estimando entre 75 a 100 kms. para la costa central del Perú, la fórmula debe utilizarse para Magnitudes iguales o menores a 8.3 Richter; para valores superiores tomar $b = 114$ kms.

3. Del tiempo total de viaje entre la línea de epicentros y la costa se resta los minutos que abarca $b/2$. La diferencia dará el mínimo tiempo de viaje del tsunami que partiendo del borde de la elipse llegue al punto de la costa escogido.

ALTURA DE OLA EN LA COSTA LIMEÑA

La máxima altura de ola en diferentes puntos de la costa limeña es un dato de suma importancia para los planes de evacuación, ya que nos permite delimitar las zonas inundables y las zonas seguras.

Para determinar la altura de ola en la costa se han empleado los siguientes criterios:

- Fórmula empírica de Yamaguchi (Ver Capítulo II)
- Registros históricos de alturas de olas

Para el caso del Callao y La Punta, la fórmula se ha aplicado a la costa Oeste de la isla San Lorenzo, por considerar que ésta es la primera costa atacada por el tsunami. Además, la isla perturba el avance del tsunami, bifurcándolo, como dos tsunamis menores que se abaten sobre las costas Norte y Sur de La Punta y Callao.

Para el caso de Ancón, bahía que se abre hacia el Norte, la fórmula se ha aplicado en la punta Oeste de la misma, y los efectos locales estimados por la batimetría; ésta tiene una pendiente ascendente uniforme $1/95$, por lo que el mar es normalmente apacible y sin olas. Los registros históricos, que son escasos, indican que el tsunami penetra más como inundación que como bravo oleaje, y las áreas inundadas son las mismas para un tsunami de origen cercano originado por un sismo de $M = 7.5$ Richter, el de 1966, que para un tsunami de tipo local, el producido por el sismo de 1940.

Pucusana es una bahía en U abierta hacia el Noroeste; por lo tanto no se abre directamente hacia el océano, lo que disminuye el riesgo de tener tsunamis con alturas de ola importantes. Frente a la bahía, a 300 metros, está la isla Galápagos, que al igual que San Lorenzo en el Callao, sería la primera costa atacada por el tsunami. En condiciones normales, dentro de la bahía el mar es apacible y sin olas.

- **Aplicación de la fórmula de Yamaguchi a la costa limeña.** Las alturas de ola calculadas según la fórmula son las siguientes: (Ver figura 21).

- . Ancón; entrada de la bahía: 2.63 mts.
- . Ventanilla - Norte del Callao: 3 a 4 mts. (creciente)
- . Costa Oeste de San Lorenzo: 8.8 mts.
- . Chorrillos - Villa: 4.5 mts.
- . Punta Hermosa: 4.5 mts.
- . Punta Negra: 5 mts.

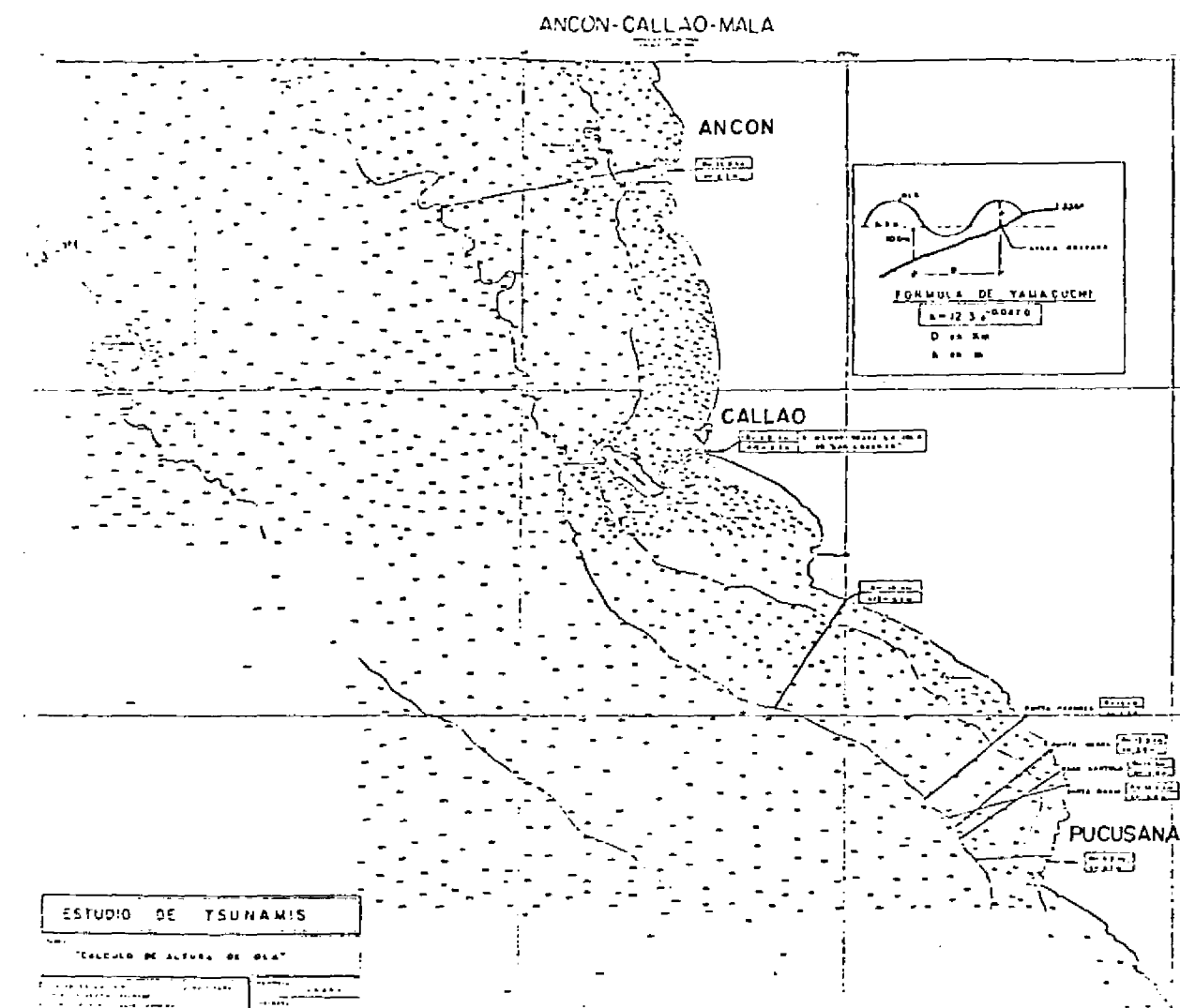


Fig. 21 BATIMETRIA Y UBICACION DE LA ISOBATA DE LOS 100 MTS. FRENTE A LAS COSTAS DE LIMA METROPOLITANA.

- . San Bartolo: 4.8 mts.
- . Santa María: 5 mts.
- . Naplo-Pucusana; entrada de la bahía: 6.7 mts.

- Registros Históricos.

En este acápite nos remitimos a la tabla resumen al final del Anexo I, en la cual se dan las alturas de ola estimadas según los relatos de daños e inundaciones.

El resumen indica que las máximas alturas de ola registradas hasta el momento son:

- . Ancón: 3.2 mts. para sismo en el mar $M = 7.5$ Richter, y para sismo continental $M = 8.2$ Richter. (Este último se refiere al sismo de 1940 donde se piensa que hay error en la ubicación del epicentro y que el epicentro realmente estuvo en el mar. Esto se dedujo a partir de las isosistas de ese terremoto).
- . Callao: 7 mts. para sismo en el mar $M = 8.4$ Richter (magnitud estimada).
- . Pucusana: 3 mts. para sismo en el mar $M = 7.5$ Richter

- Comparación de ambos criterios.

La comparación de resultados sugiere: a) una coincidencia o aproximación para el caso de Ancón, b) una pausable explicación para la reducción de la altura de ola de 8.8 mts. en San Lorenzo a 7 mts. en el Callao por efectos de fricción y otras causas; y c) una notable diferencia para el caso de Pucusana, donde la distancia desde la entrada de la bahía hasta el fondo de la misma no es tan grande para causar la disminución de la altura de ola en más de 3 mts.

Por otro lado, aceptando los resultados de la fórmula de Yamaguchi y la apreciación histórica sobre el Callao, salta a la vista la diferencia entre las alturas de ola en Callao (7 mts.) y el Norte del Callao (4 mts.), o el Sur (4.5 mts.). Uno de los sustentos de este estudio es haber demostrado que la ola de 1746 fue ligeramente inferior a los 7 metros de altura en la costa. (Ver Anexo I). Cabe preguntarse entonces que condiciones locales afectan al tsunami para producir en esta parte de la costa una ola superior a todas.

La explicación estaría en la presencia de la isla San Lorenzo frente a La Punta. La isla está lo suficientemente alejada de la costa (4 kms. en su punto más cercano) como para que el tsunami llegue a ella con gran energía cinética. La batimetría de la costa Oeste de la isla es profunda, 25 mts. en promedio, mientras que en la costa este es inferior a la mitad; asimismo, la costa Norte es el doble de profunda que la Sur. En los diagramas de refracción se observa como el tsunami al llegar frontalmente a la isla choca con ella y se divide (se difracta) por el Norte y por el Sur. Suponemos que las ondas que inciden en la costa Oeste se reflejan y se suman a las ondas difractadas, creándose flujos que bordean la isla tanto por el Norte como por el Sur; pero, debido a la batimetría, el tsunami avanzará más rápidamente por el Norte donde las aguas son más profundas. En esta zona, la mayor profundidad está frente al Real Felipe (Callao antiguo), por lo que el tsunami se encauzaría, transformando rápidamente su energía cinética en potencial o de altura.

La costa al Norte del Callao es una franja costera muy amplia, y por ello cuando el tsunami incide frontalmente ha disipado ya parte de su energía por fricción con el fondo. No hay el efecto local de encauce que ocurriría frente al Callao.

La costa al Sur del Callao crece rápidamente en altura hasta formar acantilados; la batimetría es de pendiente más bien suave, sin efectos locales de encauce.

Para el caso de Ancón, los registros históricos y la ola calculada son del mismo orden, aunque habría que anotar que el registro histórico no contempla el caso de un tsunami generado por un sismo en el mar de magnitud mayor, como en el caso del Callao. Pucusana adolece del mismo defecto, con la adicional desventaja de que la presencia de la isla frente a la bahía complica la apreciación; por ello es preferible optar por el lado conservador y suponer en las playas de Pucusana y Naplo la altura de ola en la isla dada por la fórmula de Yamaguchi.

En consecuencia, las probables máximas alturas de ola en la costa limeña serían:

- . Ancón: 3.2 mts.
- . Ventanilla-Norte del Callao: 3 a 4 mts.
- . Callao-La Punta: 7 mts.
- . Chorrillos-Villa: 4.5 mts.
- . Punta Hermosa: 4.5 mts.
- . Punta Negra: 5 mts.
- . San Bartolo: 4.8 mts.
- . Santa María: 5 mts.
- . Naplo-Pucusana: 6.7 mts.

Por razones de orden práctico se considera como altura de trabajo 7 mts. para el Callao-La Punta y Naplo-Pucusana. Para los otros lugares 6 mts. y para Ancón 5 mts. considerando las incertidumbres de efectos locales en las "bahías".

LA ALARMA

Para implementar la alarma en caso de un tsunami producido por un sismo submarino dentro de un área distante 600 kms. de las costas japonesas, se requiere un tiempo límite de 20 minutos cuando se usan sistemas computarizados de procesamiento de datos que ubican el epicentro del sismo y, en consecuencia, la dirección de origen del tsunami.

Los tsunamis limeños se han originado y seguramente tendrán como origen más probable la franja sísmicamente activa cuyo eje está a 80 kms. de la costa. El tsunami ahí generado llegará a la costa más cercana en un lapso cercano a los 20 minutos después de ocurrido el sismo. Por lo tanto, el tiempo de que se dispone para evacuar a la población de las zonas amenazadas es muy corto, y descarta un sistema de alarma por procesamiento de datos. Puesto que un tsunami no es un evento frecuente en nuestra patria, la población debe conocer la causa que puede originarlo: un sismo en el mar, cuya Magnitud sea fácilmente evaluada por los efectos que produce (Intensidad).

Como se ha visto, para el caso limeño los sismos potencialmente tsunamigénicos parecen agruparse dentro de las siguientes caracterís

ticas:

- . Magnitud, M, mayor o igual a 7.5 Richter;
- . Profundidad focal, h, menor o igual a 60 kms.

Las fórmulas de Shebalin relacionan la magnitud y la profundidad focal del sismo con la intensidad del mismo. Para profundidades menores o iguales a 60 kms. Shebalin propone:

$$I = 1.5 M - 3.5 \log h + 3$$

la cual, aplicada a los límites arriba mencionados, nos da que el sismo menos intenso que podría provocar un tsunami tendría una intensidad equivalente al grado VIII en la escala Mercalli Modificada.

En consecuencia, la ocurrencia de un sismo de intensidad igual o mayor al grado VIII M.M. será la primera señal de alarma de probable ocurrencia de un tsunami. La población deberá entonces evacuar las zonas amenazadas por el mar.

DURACION DE LA ALARMA

Según observaciones mundiales de tsunamis de origen cercano, las olas más altas son unas 10 a 15, después de las cuales la amplitud de crece notoriamente. Si se asume que el período de estas olas es en promedio 30 minutos, el tiempo de duración de la alarma sería unas 7h 30m. Las informaciones históricas indican también que la primera ola no es la de mayor altura, sino que ésta se da generalmente entre la 3ra. y la 6ta.

Revisando los mareogramas registrados en La Punta durante los tsunamis de 1966 y 1974, se puede concluir que la perturbación del mar duró unas 24 horas en total, pero después de las primeras 9hs en 1966 y 8hs en 1974 la amplitud de las olas decreció ostensiblemente. En 1966, las 5ta y 6ta olas fueron las más altas, y la 3ra en 1974.

Podemos concluir que para tsunamis de origen cercano, la duración de la alarma o la permanencia en los refugios debe ser de unas 10 horas, y que la ola de mayor altura, la más destructiva, estará entre la 3ra. y 6ta. olas.

Para tsunamis de origen lejano, en que los períodos son mucho mayores y el número de olas es también mayor, la perturbación dura más que para los de origen cercano; pero las olas serían de menor altura. En estos casos, en que el alerta proviene de otras naciones a través de comunicaciones radiales, la alarma debe ser transmitida a la población por un organismo oficial local: Defensa Civil en coordinación con la Marina de Guerra.

Es importante destacar que el funcionamiento adecuado de un Plan de Evacuación depende en mucho de una alarma oportuna, por lo que en este trabajo se plantea la creación de un Sistema Nacional de Alerta y Alarma contra Tsunamis, que toma en cuenta las organizaciones nacionales y locales ya establecidas y que por sus actuales funciones sirven de base a la creación del Sistema.