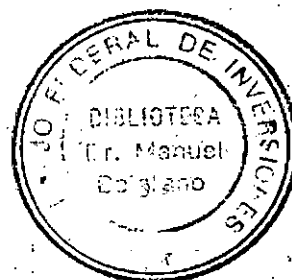


**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE AGITACION  
EN EL CANAL DE ACCESO E INTERIOR  
DEL PUERTO PESQUERO DE CALETA OLIVIA  
(Prov. de Santa Cruz)**

INFORME FINAL



0/H 34.  
I 20  
III

Diciembre 1993

**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA  
Y TECNICA HIDRICAS**

**LABORATORIO DE HIDRAULICA  
APLICADA**

**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE AGITACION  
EN EL CANAL DE ACCESO E INTERIOR  
DEL PUERTO PESQUERO EN CALETA OLIVIA  
(PROV. DE SANTA CRUZ)**

**INFORME FINAL**

Informe LHA-127-03-93

Ezeiza, Diciembre de 1993



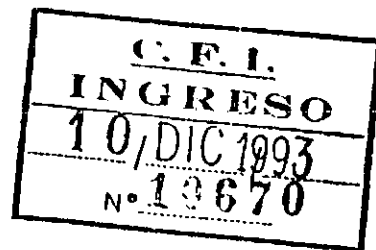
*Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hidráulicas*

Nota LHA N° 197-01/93

Ref.: Elevación Informe Final  
Caleta Olivia.-

EZEIZA, 9 de diciembre de 1993.-

Señores  
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES  
San Martín 871  
BUENOS AIRES



Tengo el agrado de enviar a Ustedes el Informe Final sobre los estudios de agitación en el puerto pesquero Caleta Olivia, de acuerdo a lo establecido en el Convenio CFI - INCYTH, firmado el 7 de julio del corriente.-

Sin otro particular, saludo a Ustedes muy atentamente,

Ing. JULIO C. DE LIO  
Director Laboratorio de Hidráulica Aplicada

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA  
Y TECNICA HIDRICAS

LABORATORIO DE HIDRAULICA  
APLICADA

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE AGITACION  
EN EL CANAL DE ACCESO E INTERIOR  
DEL PUERTO PESQUERO EN CALETA OLIVIA  
(PROV. DE SANTA CRUZ)  
Informe LHA-127-03-93

**Resumen:** Se presentan los resultados definitivos de los ensayos numéricos efectuados para cuantificar la agitación en el puerto pesquero de Caleta Olivia.

**Descriptores:** puertos, olas, difracción de olas, modelos matemáticos, Caleta Olivia, Golfo de San Jorge

**INFORME PRODUCIDO POR**

Lic. Carla P. XAVIER VILELA  
Ing. Fabián A. BOMBARDELLI  
Dr. Angel N. MENENDEZ  
Ing. Roberto CASTELLANO

**EQUIPO DE TRABAJO**

**Responsables del Proyecto**

Dr. Angel N. MENENDEZ  
Ing. Roberto CASTELLANO

**Profesionales**

Ing. Fabián A. BOMBARDELLI  
Lic. Carla P. XAVIER VILELA  
Ing. José L. MONTALVO

**Técnicos**

Sr. Julio A. TORCHIO  
Sr. Carlos A. HASPERT

## INDICE

- 1 INTRODUCCION
  - 2 INFORMACION DE BASE PARA LA EJECUCION DE LOS ESTUDIOS
    - 2.1 MORFOLOGIA DE LA REGION
    - 2.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO
    - 2.3 INFORMACION CARTOGRAFICA DISPONIBLE
    - 2.4 INFORMACION DISPONIBLE SOBRE OLEAJE
  - 3 MODELOS MATEMATICOS
  - 4 PROPAGACION DE OLAS A LO LARGO DE LA CALETA
    - 4.1 RECINTO DE CALCULO
    - 4.2 RED DE CALCULO
    - 4.3 ABSORCION EN LA RESTINGA
    - 4.4 ENSAYOS DEFINITIVOS
  - 5 AGITACION EN EL INTERIOR DEL PUERTO - FASE I
    - 5.1 IMPLEMENTACION DEL MODELO
    - 5.2 ENSAYOS DEFINITIVOS
      - 5.2.1 Pleamar
        - 5.2.1.1 *Ola de 12 segundos de período*
        - 5.2.1.2 *Ola de 8 segundos de período*
      - 5.2.2 Marea intermedia
        - 5.2.2.1 *Ola de 12 segundos de período*
        - 5.2.2.2 *Ola de 8 segundos de período*
      - 5.2.3 Comparación
  - 6 AGITACION EN EL INTERIOR DEL PUERTO - FASE II
    - 6.1 IMPLEMENTACION DEL MODELO
    - 6.2 ENSAYOS
  - 7 CONCLUSIONES
- REFERENCIAS

## LISTA DE FIGURAS

- 4.1 Ubicación de perfiles para determinar el coeficiente de reflexión de la caleta.
- 4.2 Perfil 1.
- 4.3 Perfil 2.
- 4.4 Perfil 3.
- 4.5 Perfil 4.
- 4.6 Perfil 5.
- 4.7 Perfil 6.
- 4.8 Perfil 7.
- 4.9 Perfil 8.
- 4.10 Perfil 9.
- 4.11 Perfil 10.
- 4.12 Reflexión de una onda por cambio de profundidad.
- 4.13 Distribución de direcciones de incidencia para olas del noreste.  $T = 8$  segundos. Pleamar.
- 4.14 Distribución de direcciones de incidencia para olas del sudeste.  $T = 8$  segundos. Marea intermedia.
- 4.15 Distribución de direcciones de incidencia para olas del noreste.  $T = 12$  segundos. Marea intermedia.
- 4.16 Distribución de direcciones de incidencia para olas del sudeste.  $T = 12$  segundos. Marea intermedia.
- 4.17 Patrón de agitación para  $T = 8$  segundos y dirección NE en aguas profundas. Pleamar.
- 4.18 Patrón de agitación para  $T = 12$  segundos y dirección NE en aguas profundas. Pleamar.
- 4.19 Patrón de agitación para  $T = 8$  segundos y dirección NE en aguas profundas. Marea intermedia.
- 4.20 Patrón de agitación para  $T = 12$  segundos y dirección NE en aguas profundas. Marea intermedia.

- 4.21 Amplitud en la entrada al puerto.  $T = 8$  segundos. Pleamar.
- 4.22 Amplitud en la entrada al puerto.  $T = 12$  segundos. Pleamar.
- 4.23 Amplitud en la entrada al puerto.  $T = 8$  segundos. Marea intermedia.
- 4.24 Amplitud en la entrada al puerto.  $T = 12$  segundos. Marea intermedia.
- 5.1 Curva de isoamplitud relativa del 50% para un período de 12 segundos y un coeficiente de absorción del talud de 0,20. Pleamar.
- 5.2 Curva de isoamplitud relativa del 50% para un período de 12 segundos y un coeficiente de absorción del talud de 0,35. Pleamar.
- 5.3 Curva de isoamplitud relativa del 50% para un período de 12 segundos y un coeficiente de absorción del talud de 0,50. Pleamar.
- 5.4 Curva de isoamplitud relativa del 50% para un período de 12 segundos y un coeficiente de absorción del talud de 0,65. Pleamar.
- 5.5 Curva de isoamplitud relativa del 50% para un período de 8 segundos y un coeficiente de absorción del talud de 0,20. Pleamar.
- 5.6 Curva de isoamplitud relativa del 50% para un período de 8 segundos y un coeficiente de absorción del talud de 0,35. Pleamar.
- 5.7 Curva de isoamplitud relativa del 50% para un período de 8 segundos y un coeficiente de absorción del talud de 0,50. Pleamar.
- 5.8 Curva de isoamplitud relativa del 50% para un período de 8 segundos y un coeficiente de absorción del talud de 0,65. Pleamar.
- 5.9 Patrón de agitación para  $T = 12$  segundos y  $K_s = 0,35$ . Pleamar.
- 5.10 Patrón de agitación para  $T = 8$  segundos y  $K_s = 0,35$ . Pleamar.
- 5.11 Regiones de máxima amplitud de ola.  $T = 12$  segundos.
- 5.12 Regiones de máxima amplitud de ola.  $T = 8$  segundos.
- 5.13 Amplitudes pico por región.  $T = 12$  segundos. Pleamar.
- 5.14 Amplitudes pico por región.  $T = 8$  segundos. Pleamar.



- 5.15 Patrón de agitación para  $T = 12$  segundos y  $K_a = 0,35$ . Marea intermedia.
- 5.16 Patrón de agitación para  $T = 8$  segundos y  $K_a = 0,35$ . Marea intermedia.
- 5.17 Amplitudes pico por región.  $T = 12$  segundos. Marea intermedia.
- 5.18 Amplitudes pico por región.  $T = 8$  segundos. Marea intermedia.
- 5.19 Amplitudes pico por región.  $T = 12$  segundos y  $K_a = 0,35$ .
- 5.20 Amplitudes pico por región.  $T = 8$  segundos y  $K_a = 0,35$ .
- 6.1 Esquema de obras del puerto. Fase 2.
- 6.2 Patrón de agitación para  $T = 12$  segundos y  $K_a = 0,35$ . Pleamar.
- 6.3 Patrón de agitación para  $T = 8$  segundos y  $K_a = 0,35$ . Pleamar.
- 6.4 Patrón de agitación para  $T = 12$  segundos y  $K_a = 0,35$ . Marea intermedia.
- 6.5 Patrón de agitación para  $T = 8$  segundos y  $K_a = 0,35$ . Marea intermedia.
- 6.6 Regiones de máxima amplitud de ola.
- 6.7 Amplitudes pico por región.  $T = 12$  segundos.
- 6.8 Amplitudes pico por región.  $T = 8$  segundos.

## 1 INTRODUCCION

La Provincia de Santa Cruz encara actualmente la construcción de un puerto pesquero en las proximidades de Caleta Olivia, en el Golfo de San Jorge, a unos 70 Km al sur de la ciudad de Comodoro Rivadavia.

Para asegurar que las condiciones de oleaje dentro del puerto resulten compatibles con la operación de los buques durante el mayor tiempo posible, es necesario determinar, a partir del conocimiento del régimen de olas que caracteriza a la región, la agitación en el canal de acceso y el interior de la dársena, mediante técnicas de simulación numérica.

A los efectos de realizar los estudios hidráulicos pertinentes, con fecha 7 de julio de 1993 el Consejo Federal de Inversiones suscribió un convenio con el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, el que, a través de su Laboratorio de Hidráulica Aplicada, debía realizar los estudios de propagación de olas y agitación en el interior del puerto mediante modelación numérica.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 6º del Convenio, las tareas, con una duración total de cuatro meses, dieron comienzo dos semanas después de la firma del Convenio, es decir, el 21 de julio de 1993.

En la primera etapa del estudio, cuyos resultados fueron presentados en el Primer Informe de Avance (en adelante, PIA) con fecha 21 de agosto, se llevó a cabo el cálculo de la altura significativa de ola a la entrada del puerto, para la situación de pleamar y distintas condiciones de viento, a partir de la información suministrada sobre el clima de olas en aguas profundas.

Para ello, se efectuó la propagación de las olas hasta las cercanías de la costa (zona I, que se extiende desde aguas profundas hasta la isobata de -7,50 m del Servicio de Hidrografía Naval, aproximadamente) y, luego, a lo largo del interior de la caleta (zona II, a partir de la isobata -7,50 hasta unos 800 m desde la costa). Para ambas zonas, los cálculos se efectuaron utilizando un modelo matemático basado en la teoría de rayos. Allí se explicó que, para la zona II, se trataba de resultados provisionales hasta la implementación del modelo matemático completo de agitación.

En la segunda etapa del estudio, que concluyó con el Segundo Informe de Avance (en adelante, SIA), presentado con fecha 6 de octubre, se implementó el modelo completo de agitación (modelo de Berkhoff) en el interior del puerto (zona III) a construirse en la primera fase (250 x 250 m), y se comenzó a avanzar en la implementación de ese mismo modelo en la zona II (caleta).

En este Informe Final, que da finalización a las tareas pactadas, se presentan los resultados definitivos de los estudios de agitación en la zona II (caleta) y la zona III (puerto); en este último caso, tanto para la configuración de primera fase como para la de la segunda (600 x 500 m).

## **2 INFORMACION DE BASE PARA LA EJECUCION DE LOS ESTUDIOS**

### **2.1 MORFOLOGIA DE LA REGION**

En la región costera, al igual que en gran parte del litoral patagónico, la costa presenta una plataforma rocosa de ancho variable (restinga) que resulta alternativamente cubierta por el mar durante las mareas altas y que separa el entorno marítimo de la playa propiamente dicha. La Caleta Paula está conformada por una interrupción parcial de esa restinga, dando acceso directo a la costa y resultando parcialmente protegida por las restingas laterales.

Las Cartas Náuticas Nº 59 y 98 publicadas por el Servicio de Hidrografía Naval (SIHN) reflejan la morfología del lecho marino en el Golfo de San Jorge y en las proximidades del emplazamiento del puerto, respectivamente. Un relevamiento de detalle efectuado por el SIHN sobre un área de 1000 m de frente de costa por 1800 m en sentido transversal permitió conocer en detalle las características de la topografía del lecho marino en el área del puerto. Las profundidades se hallan referidas a un plano de comparación que coincide con el límite inferior de las bajamares de sicigias; este mismo plano es el utilizado por el SIHN para referir los niveles de marea. Este plano se halla 2,26 m debajo del cero del MOP, utilizado como plano de referencia en el proyecto de las obras.

### **2.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO**

El puerto será excavado en tierra y su acceso se efectuará a través de la caleta Paula, conformada por una interrupción de la restinga rocosa. El acceso al puerto se realizará mediante un canal de navegación de 150 m de ancho, parcialmente dragado, y con profundidad bajo el cero MOP de 9,76 m (7,50 bajo el plano de referencia SIHN).

La construcción del puerto está prevista en dos etapas. En la primera, estará conformado por una dársena de 250 m por 250 m. La zona de aguas tranquilas estará limitada por escolleras de materiales sueltos cubiertas por elementos prefabricados en su cara externa. El ancho de la entrada alcanzará 80 m. La cota del fondo será -9,76 m respecto del plano de referencia del MOP (7,50 m bajo el plano de referencia del SIHN), con excepción de un área sobre el borde norte, donde se construirá un muelle para buques de transporte, con cota a pie de muelle de -11,42 m (MOP). Los

contornos del recinto estarán conformados por taludes revestidos de pendiente 1:2.

En una segunda etapa se prevé la ampliación de la zona de aguas tranquilas y la construcción de nuevos muelles para buques de transporte. En su configuración final la dársena tendrá 600 x 500 m.

En el PIA se brindaron esquemas de ambas etapas del puerto.

### **2.3 INFORMACION CARTOGRAFICA DISPONIBLE**

La batimetría de la zona de estudio se obtuvo de cartas náuticas publicadas por el SIHN, según el listado que sigue:

Carta Náutica Nº 59, SIHN, Golfo San Jorge, escala 1:400000.

Carta Náutica Nº 98, SIHN Caleta Olivia, en escala 1:25000.

Plano Hidrográfico en escala 1:2500 realizado por el SIHN (Septiembre - Octubre 92).

Plano A.P.3 (Prov. de Santa Cruz - Consejo Federal de Inversiones). Anteproyecto Puerto Pesquero Caleta Paula. Anteproyecto preliminar ajustado. Cotas superiores de muelles y traza canal de acceso. Enero 1993.

Plano Nº A.P.3 (Provincia de Santa Cruz - Consejo Federal de Inversiones) - Plano de dragado canal de acceso, obras de abrigo y ubicación general del Puerto. Mayo - 1993.

Plano A.P.4 - (Prov. de Santa Cruz - Consejo Federal de Inversiones). Canal de acceso - Perfiles de dragado. Mayo 1993.

Plano A.P.6 - Prov. de Santa Cruz - Consejo Federal de Inversiones - Anteproyecto Puerto Pesquero Caleta Paula, 1ª Etapa. Cortes accesos viales. Mayo 1993.

Plano A.P.11 - Prov. de Santa Cruz - Consejo Federal de Inversiones. Anteproyecto Puerto Pesquero Caleta Paula, 1ª Etapa. Tablestacado y pilotes metálicos. Mayo 1993.

### **2.4 INFORMACION DISPONIBLE SOBRE OLEAJE**

Las condiciones de oleaje en aguas profundas fueron obtenidas de la siguiente publicación:

"Clima de olas en la zona de Caleta Olivia (Provincia de Santa Cruz - Argentina)". Dr. Carlos MAZIO, SIHN, 1991.

En el PIA se realizó un análisis pormenorizado del clima de olas en la zona del Golfo San Jorge.

### 3 MODELOS MATEMATICOS

Para los estudios se emplearon dos modelos matemáticos:

- \* uno basado en la teoría de rayos, que analiza básicamente la transformación del oleaje por refracción debida a la batimetría;
- \* el restante, consistente en el modelo completo de transformación de olas, debido a Berkhoff [1]. Este modelo contempla los efectos combinados de refracción, reflexión y difracción de olas por la batimetría.

El modelo de rayos determina computacionalmente la trayectoria de los mismos y, mediante la aplicación del método de Runge-Kutta, obtiene el valor de  $K_R$  (coeficiente de refracción) que permite hallar la altura de la ola en un punto cualquiera de la trayectoria. Los detalles técnicos del modelo se presentaron en el PIA. Fue empleado para analizar la propagación del oleaje desde aguas profundas hacia la región de la caleta y como primera cuantificación de la atenuación del oleaje de aguas profundas en el interior de la caleta para el caso de aguas altas, a sugerencia del proyectista de la obra.

El modelo completo de Berkhoff está plasmado en una ecuación diferencial elíptica, cuya resolución se llevó a cabo por un método numérico mixto: elementos finitos en la zona de estudio y elementos de contorno en la zona exterior. Fue implementado en el programa computacional DIFRAC [2,3,4,5]. Los detalles técnicos se presentaron como Anexo I del SIA. El modelo fue utilizado para estudiar la propagación en la caleta y la agitación en las dos fases del puerto.

## 4 PROPAGACION A LO LARGO DE LA CALETA

### 4.1 RECINTO DE CALCULO

El recinto de cálculo para estudiar la propagación del oleaje en el interior de la caleta fue definido tomando como límite la isobata cero del SIHN, la que fue cerrada hacia el este por una frontera rectilínea.

### 4.2 RED DE CALCULO

La red de cálculo fue construída mediante una técnica de triangulación automática dentro de los contornos de la caleta implementada en el programa ENREDO, versión 6.1, desarrollado en el Centro Atómico Bariloche de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). El sistema computacional ubica un número de elementos cercano al especificado dentro del contorno dato, de modo de optimizar el ancho de banda de la matriz resultante.

El paso de malla mínimo de una red de elementos finitos destinada a modelar fenómenos de oleaje depende de la longitud de onda mínima esperada en la zona de estudio, debiéndose cumplimentar la exigencia de al menos 6 puntos de malla por longitud de onda. Para pleamar, las menores profundidades en esa zona son de alrededor de 7 m, mientras que para una marea intermedia éstas se reducen a, aproximadamente, 4 m. En la siguiente tabla se muestra la longitud de onda asociada a olas de 12 y 8 segundos de período que se propagan en tales profundidades, calculada usando la relación de dispersión para la teoría lineal de olas:

Período de la ola (segundos)	Profundidad (metros)	Longitud de onda (metros)
12	7,0	100,4
12	4,0	76,9
8	7,0	65,8
8	4,0	51,2

De la tabla anterior se desprende que con un paso de malla medio

de 8 m se satisface el requerimiento de representación de la ola para todos los períodos y profundidades. La red finalmente construída tiene efectivamente ese paso e involucra 19433 elementos y 9961 nodos. Se realizó un análisis de sensibilidad respecto de la cantidad de elementos necesarios para arribar a la condición de precisión anterior, concluyéndose que, dada la metodología con la que el programa ENREDO ubica los triángulos en la red, un aumento importante de la cantidad de elementos no conduce a un descenso igualmente relevante de la distancia entre puntos.

#### 4.3 ASIGNACION DE PROFUNDIDADES Y CONDICIONES DE BORDE

Se dispuso de los datos de profundidad relevados por el SIHN. Para asignar la profundidad asociada a cada elemento de la red, se utilizó un método de interpolación, consistente en promediar todas las profundidades correspondientes a puntos vecinos incluídos dentro de un círculo centrado en el centro de gravedad del elemento y de radio prefijado. La promediación se efectuó ponderando con la inversa de la distancia de cada punto al centro del elemento, es decir:

$$p_e = (p_1/d_1 + p_2/d_2 + \dots + p_n/d_n) / (1/d_1 + 1/d_2 + \dots + 1/d_n),$$

donde:

- $p_e$  : profundidad en el centro del elemento e;
- $p_j$  : profundidad en el punto j;
- $d_j$  : distancia desde el punto j al centro del elemento e.

Este procedimiento se implementó en un programa computacional. Se tomó un radio de 15 metros. En caso de no encontrar ningún punto batimétrico dentro del círculo de búsqueda, el radio se aumentaba en 5 metros, hasta encontrar al menos un punto.

Para representar el futuro canal de acceso al puerto, las profundidades asociadas a los elementos correspondientes fueron adjudicadas directamente, sin interpolación.

Los bordes del dominio de cálculo se trataron de la siguiente manera:

- a) boca de la caleta: contorno de radiación;
- b) borde de la restinga: contorno parcialmente reflejante;
- c) boca del puerto: contorno transparente.

En la malla final, la frontera de radiación (boca de la caleta) quedó representada por 72 nodos; la frontera parcialmente reflejante (restinga) por 392 nodos y la frontera transparente (entrada del puerto) por 26 nodos.



#### 4.4 ABSORCION EN LA RESTINGA

El borde de la restinga se comporta como un contorno parcialmente reflejante, tornándose totalmente reflejante sólo en los alrededores de la bajamar, cuando la superficie de la restinga aflora.

El coeficiente de absorción de ese contorno depende primariamente de dos factores: el cambio (relativamente brusco) de profundidad y el tipo de material que lo compone (por ejemplo, la arena suelta disipa más energía que una roca lisa).

Los materiales componentes del contorno son

- a) roca en los bordes laterales de la caleta;
- b) playa de arena en el borde opuesto a la entrada de la caleta.

Para determinar el cambio de profundidades, fueron trazados, a partir de la carta del SIHN, diez perfiles perpendiculares a los bordes de la zona de estudio, tal como se indica en la Figura 4.1. Los perfiles se presentan en las Figuras 4.2 a 4.11, donde la dirección positiva corresponde al interior de la caleta. Para cada uno de esos perfiles se determinaron las pendientes medias y las profundidades internas y externas al contorno; estas últimas fueron tomadas a una distancia fija en relación a la isobata cero del SIHN.

Se utilizaron dos métodos distintos para evaluar el coeficiente de absorción  $K_a$ , dependiendo de la esquematización adoptada para el contorno:

- a) Esquematización como escalón: tomando pares de profundidades (una interna y otra externa al contorno) es posible tratar al borde como si fuera un escalón. El coeficiente de reflexión  $K_r$  asociado ( $K_r = 1 - K_a$ ) se calcula, según la Figura 4.12, como [6]:

$$K_r = (n_1 L_1 - n_2 L_2) / (n_1 L_1 + n_2 L_2),$$

donde:

$n = (1/2) [1 + (2kh)/(\sinh 2kh)]$  : coeficiente de bajío  
 $L$  : longitud de onda (surge de la relación de dispersión)  
 $k = 2\pi/L$  : módulo del vector número de onda  
 $h$  : profundidad  
Subíndice 1 : zona de incidencia de la ola  
Subíndice 2 : zona de transmisión de la ola

Los coeficientes de reflexión calculados por ese método se presentan en la siguiente tabla, donde cada valor de  $K_r$  representa la media de los valores para  $h_1$  y  $h_2$  a 10, 20 y 30 metros del contorno. El período de ola utilizado para calcular  $L$  fue de 10 segundos.

PERFIL	$K_r$	$K_a$
1	0,10	0,90
2	0,14	0,86
3	0,09	0,91
4	0,05	0,95
5	0,06	0,94
6	0,06	0,94
7	0,04	0,96
8	0,05	0,95
9	0,08	0,92
10	0,08	0,92

b) Esquematzación como talud: Utilizando la pendiente media de cada perfil, el contorno puede ser esquematizado como un talud. La metodología para la determinación del coeficiente de absorción por medio de curvas empíricas, en función del material, la altura de ola y la pendiente del talud, fue presentada como Anexo II en el SIA. Los coeficientes de reflexión presentados en la siguiente tabla fueron determinados en base a la curva para taludes lisos, para una altura de ola de 1 m y período de 10 segundos.

PERFIL	PARAM. DE OLEAJE	$K_r$	$K_a$
1	0,86	0,07	0,93
2	0,83	0,07	0,93
3	0,83	0,07	0,93
4	0,39	0,02	0,98
5	0,52	0,03	0,97
6	0,62	0,04	0,96
7	0,39	0,02	0,98
8	0,27	----	----
9	0,83	0,07	0,93
10	0,51	0,03	0,97

Analizando en particular cada tabla, y de la comparación entre ambas, surge claramente que el coeficiente de absorción resulta poco sensible a las hipótesis y los datos de cálculo. En base a ello, se adoptó un valor uniforme (relativamente

conservativo) de 0,9 para el coeficiente de absorción de los bordes de la caleta.

#### 4.5 ENSAYOS DEFINITIVOS

Se efectuaron ensayos con el modelo matemático de agitación para las siguientes condiciones:

- a) período de las olas: 8 y 12 segundos;
- b) dirección de las olas incidentes desde aguas profundas: noreste, sudeste y este (135, 45 y 90 grados, respectivamente, medidos en sentido antihorario en relación al norte);
- c) condición de marea: pleamar y marea intermedia (6,64 y 3,3 metros sobre el cero del SIHN, respectivamente).

Las alturas y direcciones de las olas en la entrada de la caleta, que constituye el borde de radiación del dominio de cálculo, fueron obtenidas propagando las olas incidentes desde aguas profundas mediante el modelo de rayos. Los tramos "ruidosos" de las distribuciones de direcciones así obtenidas fueron suavizados manualmente, tal como se ilustra en las Figuras 4.13 a 4.16, e interpoladas de modo de determinar valores para cada uno de los nodos de la frontera.

Se calcularon las distribuciones de amplitud de ola sobre toda el área de la caleta para cada uno de los escenarios de simulación, resultantes de combinar las condiciones descriptas más arriba, para un total de 12 escenarios. A título ilustrativo, en las Figuras 4.17 a 4.20 se presentan las distribuciones de amplitud de ola, relativa a la ola incidente desde aguas profundas, calculadas para cuatro de estos escenarios. Se observa que la atenuación de la amplitud de las olas es muy fuerte en el primer tramo de la caleta. Esto está de acuerdo con la observación de que el interior de la caleta suele ser una zona mucho menos agitada que el exterior.

En las Figuras 4.21 a 4.24 se muestran las distribuciones de amplitud relativa a la ola incidente en aguas profundas, a lo largo del borde de entrada al puerto, que es el resultado más importante requerido. La progresiva es creciente hacia el norte. Se observa que:

- a) Para todas las direcciones de incidencia, la ola de 8 segundos en condición de pleamar resulta la menos favorable, en el sentido de que la atenuación es menor.
- b) La menor atenuación corresponde a la ola de 8 segundos en pleamar incidiendo desde el este, que alcanza un valor máximo de alrededor del 27%.
- c) La atenuación resulta siempre mayor en marea intermedia que en pleamar.

d) Como tendencia general en la boca del puerto (con excepciones), las distribuciones muestran un sesgo relacionado con la dirección de incidencia de la ola: la amplitud es mayor hacia el norte para las olas incidiendo del sudeste y hacia el sur para las incidentes desde el noreste, mientras que las provenientes del este muestran una distribución relativamente uniforme.

e) Las olas de 12 segundos incidentes desde el sudeste producen una agitación insignificante sobre la zona de entrada al puerto (no supera el 3%).

Los resultados presentados coinciden cualitativamente con los resultados provisorios obtenidos con el modelo de propagación de rayos, presentados en el PIA. No obstante, estos resultados finales muestran atenuaciones algo mayores que las estimadas con el modelo de rayos.

## 5 AGITACION EN EL INTERIOR DEL PUERTO - FASE I

### 5.1 IMPLEMENTACION DEL MODELO

La elección del paso de malla se basó en el criterio de garantizar la cantidad de nodos ( $N$ ) mínima necesaria para la representación precisa de las olas,  $N \geq 6$ . Utilizando la relación de dispersión, se calculó la longitud de onda de la ola para un dado período y una dada profundidad dentro del puerto. Tomando los períodos de 8 y 12 segundos y una profundidad de 10,8 m (profundidad mínima del puerto para la marea intermedia), se obtuvieron valores de longitud de onda de 72,9 y 117,2 m, respectivamente, que permiten pasos de malla de menos de 12 m.

Puesto que el nivel medio del pelo de agua en el interior del puerto varía con la marea y los taludes tienen pendientes 1:2, las dimensiones de los recintos de cálculo se modifican. En virtud de ello, se construyeron dos mallas, cada una correspondiente a una condición distinta de marea. Así, para pleamar se generó, con el programa ENREDO ya referido, una malla de 7289 elementos y 3766 nodos. Para marea intermedia se generó por triangulación una red de 7022 elementos y 3625 nodos. Los pasos medios de la malla en ambos casos alcanzaron los 5 m, que satisfacen holgadamente la condición de precisión.

En ambas redes, fueron adjudicados valores de profundidad para cada elemento, correspondientes a la profundidad en el centro de los mismos.

En cuanto a las condiciones de borde se efectuaron las siguientes identificaciones:

- a) muelle: borde reflejante;
- b) talud: borde absorbente;
- c) boca del puerto: borde de radiación.

La frontera de radiación en la malla de pleamar ocupó 17 nodos y 16 en la de marea intermedia.

En el SIA se presentaron resultados de ensayos numéricos preliminares llevados a cabo con el modelo. En referencia a estos ensayos, en el SIA se especificó incorrectamente la dirección de incidencia de las olas en la boca del puerto, que no correspondía a incidencia normal sino oblicua.

## 5.2 ENSAYOS DEFINITIVOS

Dado que, por efectos de refracción, la dirección de incidencia de las olas resulta casi normal al borde de entrada al puerto, independientemente de la dirección de la ola proveniente de aguas profundas (según las conclusiones del PIA), todos los ensayos numéricos se efectuaron suponiendo incidencia normal. Además, por simplicidad, se supuso que la distribución de amplitudes a lo largo del borde de entrada es uniforme.

Por lo demás, se tomaron las mismas condiciones que para los ensayos sobre la caleta: olas de 8 y 12 segundos de período en pleamar y marea intermedia.

### 5.2.1 Pleamar

Para la condición de pleamar se efectuaron ensayos para distintos coeficientes de absorción del talud:  $K_a = 0,20, 0,35, 0,50$  y  $0,65$ . Para analizar la influencia del valor de este coeficiente, se compararon los patrones de agitación resultantes. En las figuras 5.1 a 5.4 se representa la isolínea de 0,5 de amplitud relativa (50% de la amplitud de la ola en la boca del puerto) para la ola de 12 segundos y los cuatro valores del coeficiente de absorción del talud. Esos resultados corroboran los presentados en el SIA, donde se concluyó que el patrón de agitación en el interior del puerto se mantiene relativamente inalterado para  $K_a$  variando entre 0,35 y 0,65. Si bien el cambio es más importante para  $K_a = 0,20$ , tampoco resulta demasiado significativo. Lo mismo sucede para la ola de 8 segundos, tal como se observa en las figuras 5.5 a 5.8.

En las figuras 5.9 y 5.10 se presentan patrones de agitación más completos para la ola de 12 y 8 segundos, respectivamente, con  $K_a = 0,35$ . En ambos casos se observa claramente la modulación de la amplitud, con un paso coincidente con la longitud de onda de la ola. También se aprecia que la zona de máxima amplitud se extiende como una lengua desde la boca de entrada del puerto, con una orientación opuesta al muelle para la ola de 12 segundos y hacia el muelle (aunque menos marcada) para la ola de 8 segundos. La zona de picos se continúa hacia la boca del puerto en la región adyacente al muelle y, con amplitudes pico menores, en la región alejada del mismo.

En base a esta observación, se identificaron las siguientes zonas de amplitud pico: para la ola de 12 segundos, 4 regiones en la línea media del puerto y 2 en la zona del muelle (Figura 5.11); para la ola de 8 segundos, 7 regiones en la línea media del puerto y 4 en la zona del muelle (Figura 5.12). En lo que sigue, se hace el análisis de la distribución de valores picos para cada período de ola.

#### 5.2.1.1 Ola de 12 segundos de período

Los valores pico de amplitud en cada región, para cada uno de los coeficientes de absorción del talud considerados, se muestran en la Figura 5.13.

Comenzando con un pico que muestra amplificación (amplitud relativa mayor que 1), adyacente a la entrada del puerto (región 1), se observa una tendencia general hacia la atenuación al pasar de región en región, excepto por la leve recuperación en la región 4, seguramente por la cercanía del talud. La tendencia al decrecimiento continúa en la zona del muelle (regiones 5 y 6), al recorrerla en sentido inverso.

La tendencia descripta es similar para todos los coeficientes de absorción, pero las variaciones son más marcadas para  $K_a = 0,20$ .

Las amplitudes máximas en las adyacencias del muelle, correspondientes a la región 5, oscilan entre el 100% de la amplitud en la boca, para  $K_a = 0,20$ , y el 70%, para  $K_a = 0,65$ . Para  $K_a = 0,35$  (valor elegido como representativo de las condiciones de diseño del talud) esa amplitud máxima es del 83%.

Las diferencias máximas entre las amplitudes pico, para los distintos coeficientes de absorción del talud, son del 24% (de la amplitud en la boca) para la región 6 y del 30% en la región 5.

Los valores máximo y mínimo de los picos en cada región, y los respectivos coeficientes de absorción asociados, se presentan en la siguiente tabla:

REGION	PICO MAXIMO	$K_a$ asociado	PICO MINIMO	$K_a$ asociado	Diferencia de picos
1	1,20	0,20	1,07	0,35	0,13
2	1,04	0,65	0,91	0,35	0,13
3	0,94	0,65	0,83	0,35	0,11
4	0,98	0,65	0,83	0,35	0,15
5	1,00	0,20	0,70	0,65	0,30
6	0,86	0,20	0,62	0,65	0,24

#### 5.2.1.2 Ola de 8 segundos de período

En la Figura 5.14 se presenta la distribución de picos por región, para los distintos valores del coeficiente de absorción del talud, para la ola de 8 segundos.

Se observa una tendencia general semejante al caso de la ola de 12 segundos. Partiendo de una amplificación media del 20% en la región 1 (con un máximo de 36% para  $K_a = 0,20$ ), los picos tienden a disminuir, con una leve recuperación al acercarse al talud (regiones 6 y 7). Los valores oscilan alrededor de una amplificación cercana a la neutra (amplitud relativa = 1). En las adyacencias del muelle, se produce una baja relativamente

pronunciada de la amplitud al recorrerlo hacia la boca del puerto, con amplitudes relativas entre 60 y 80% para la región 11. Para un coeficiente de absorción del talud de 0,35, el pico máximo en las adyacencias del muelle es del 86% (región 8).

La diferencia por región entre los picos correspondientes a distintos coeficientes de absorción del talud, varían entre un máximo de 0,29 (región 2) y un mínimo de 0,08 (región 5).

Los picos máximos y mínimos por región, y el correspondiente valor de  $K_a$ , se muestran en la siguiente tabla:

REGION	PICO MAXIMO	$K_a$ asociado	PICO MINIMO	$K_a$ asociado	Diferencia de picos
1	1,35	0,20	1,15	0,50	0,20
2	1,36	0,20	1,07	0,65	0,29
3	1,13	0,20	0,96	0,35	0,17
4	1,06	0,65	0,95	0,35	0,11
5	1,04	0,20	0,96	0,50	0,08
6	1,08	0,20	0,97	0,65	0,11
7	1,15	0,20	1,01	0,35	0,14
8	1,04	0,65	0,85	0,20	0,19
9	1,03	0,65	0,85	0,35	0,18
10	0,98	0,65	0,77	0,35	0,21
11	0,81	0,20	0,58	0,35	0,23

### 5.2.2 Marea intermedia

Para marea intermedia, se utilizó el valor 0,35 para el coeficiente de absorción, como representativo de las condiciones reales, de acuerdo a lo comentado en el SIA.

El patrón general de agitación para esta situación se presenta en las Figuras 5.15 y 5.16. Se observa una gran similitud con el caso de pleamar, aunque se nota el paso menor de modulación, compatible con una longitud de onda algo más corta.

Se efectuó un análisis de los picos de amplitud para las mismas regiones identificadas en el caso de pleamar (6 regiones para la ola de 12 segundos y 11 para la de 8 segundos).

#### 5.2.2.1 Ola de 12 segundos de período

La Figura 5.17 presenta los picos de amplitud para las 6 regiones. Se parte de una amplificación del 6% en relación a la amplitud en la boca del puerto (regiones 1 y 2). La tendencia es



hacia la atenuación, hasta valores del 80% en la región 4, pero se observa una recuperación en las zonas adyacentes al muelle, donde llega a una atenuación próxima a la neutra en la zona 6.

#### **5.2.2.2 Ola de 8 segundos de período**

Las amplitudes pico por región para la ola de 8 segundos se muestran en la Figura 5.18. La amplificación inicial (región 1) es del 26%. Luego decrece, alcanza un mínimo de alrededor del 90% (región 5) y vuelve a amplificarse al aproximarse al talud. A lo largo del muelle la tendencia no está bien definida, mostrando un valor medio del 90%.

#### **5.2.3 Comparación**

En las Figuras 5.19 y 5.20 se efectúa una comparación entre los valores pico de amplitud para las situaciones de pleamar y marea intermedia, considerando  $K_a = 0,35$ .

Se observa que, en términos de la amplitud relativa en la zona adyacente al muelle, el caso de marea intermedia resulta algo más desfavorable.

## **6 AGITACION EN EL INTERIOR DEL PUERTO - FASE II**

### **6.1 IMPLEMENTACION DEL MODELO**

La fase II del puerto pesquero implica un área portuaria de alrededor de 600 x 500 m, de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 6.1.

La red de elementos finitos, implementada para efectuar el cálculo de agitación, debió cumplir con el mismo requisito de precisión que para la fase I. En consecuencia, se generó una red de 24000 elementos y 12221 nodos con un paso de malla de 5 m.

Del total de nodos, 17 están asociados a la boca de entrada del puerto (frontera de radiación), 369 a los taludes (contorno de absorción) y 66 al muelle (borde reflejante).

Dado que el objetivo básico de esta etapa de estudio para la segunda fase es una primera cuantificación del patrón de agitación, no se efectuaron esfuerzos por simular el relativamente secundario efecto resistivo local producido por los muelles A y B de la Figura 6.1, los cuales fueron considerados como transparentes. Obviamente, sí se representaron las mayores profundidades en sus alrededores.

En analogía con los estudios para la fase I, el coeficiente de absorción de los taludes se fijó en 0,35, y el correspondiente a la costa adyacente a la entrada en 0,90.

### **6.2 ENSAYOS**

Al igual que para la fase I, se consideraron olas con incidencia normal y distribución uniforme de amplitud sobre la boca de entrada del puerto.

Se efectuaron ensayos para olas de 8 y 12 segundos de período y para condiciones de pleamar y marea intermedia, con  $K_a = 0,35$ .

En las Figuras 6.2 a 6.5 se presentan los patrones de agitación para cada uno de los ensayos realizados. En todos los casos se observa que la agitación máxima, con distintas intensidades, se produce en las adyacencias del muelle principal, debido a su cercanía con la dirección de entrada de las olas. Se aprecia también que la atenuación es significativa en la zona

opuesta del puerto. Comparando los distintos patrones no se observan discrepancias cualitativas importantes, ya sea respecto del período, ya sea respecto del nivel de marea.

En las gráficas de 8 segundos se distinguen dos lenguas, que se extienden desde la boca de entrada, a lo largo de las que la agitación es máxima. Una de ellas es adyacente al muelle principal, como ocurre para 12 segundos, mientras que la segunda está un poco inclinada y apunta casi directamente a la zona de ubicación de los muelles A y B.

En la Figura 6.6 se indican las zonas en las cuales se determinó el pico máximo de amplitud para períodos de 8 y 12 segundos en pleamar y marea intermedia, abarcándose principalmente la zona próxima al muelle principal y la región de los muelles A y B.

En las Figuras 6.7 y 6.8 se presentan las amplitudes pico referidas para ambos niveles de marea y 8 y 12 segundos respectivamente. Se aprecia un descenso de las mismas desde las cercanías a la entrada al puerto hacia el extremo oeste del talud norte, advirtiéndose una recuperación (menor atenuación) hacia la zona 6. La zona 7 muestra una amplitud sistemáticamente menor que la de la zona 6. En la zona 1 se observa una amplificación de la onda para ambos períodos y niveles de marea, apareciendo como más desfavorable la condición de 8 segundos en pleamar. En términos generales, tampoco se observan discrepancias importantes entre marea intermedia y pleamar para las amplitudes pico.

## 7 CONCLUSIONES

De los resultados finales presentados en este Informe, surgen las siguientes conclusiones generales acerca de la agitación esperable en el puerto pesquero a construirse:

a) La caleta es una región en la cual se produce una atenuación significativa de las olas incidentes. La amplitud máxima detectada en la futura boca de entrada del puerto fue del 27% de la amplitud de la ola en aguas profundas (correspondiente a la ola de 8 segundos de período en condición de pleamar).

b) El recinto portuario correspondiente a la fase I muestra un efecto prácticamente neutro sobre las olas que penetran (con incidencia casi normal) por su boca, es decir, no se detectan atenuaciones ni amplificaciones relevantes. Esto significa que la atenuación efectiva, respecto de la ola proveniente de aguas profundas, es la que se produce en la caleta.

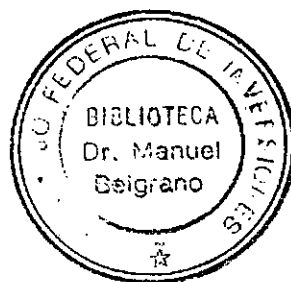
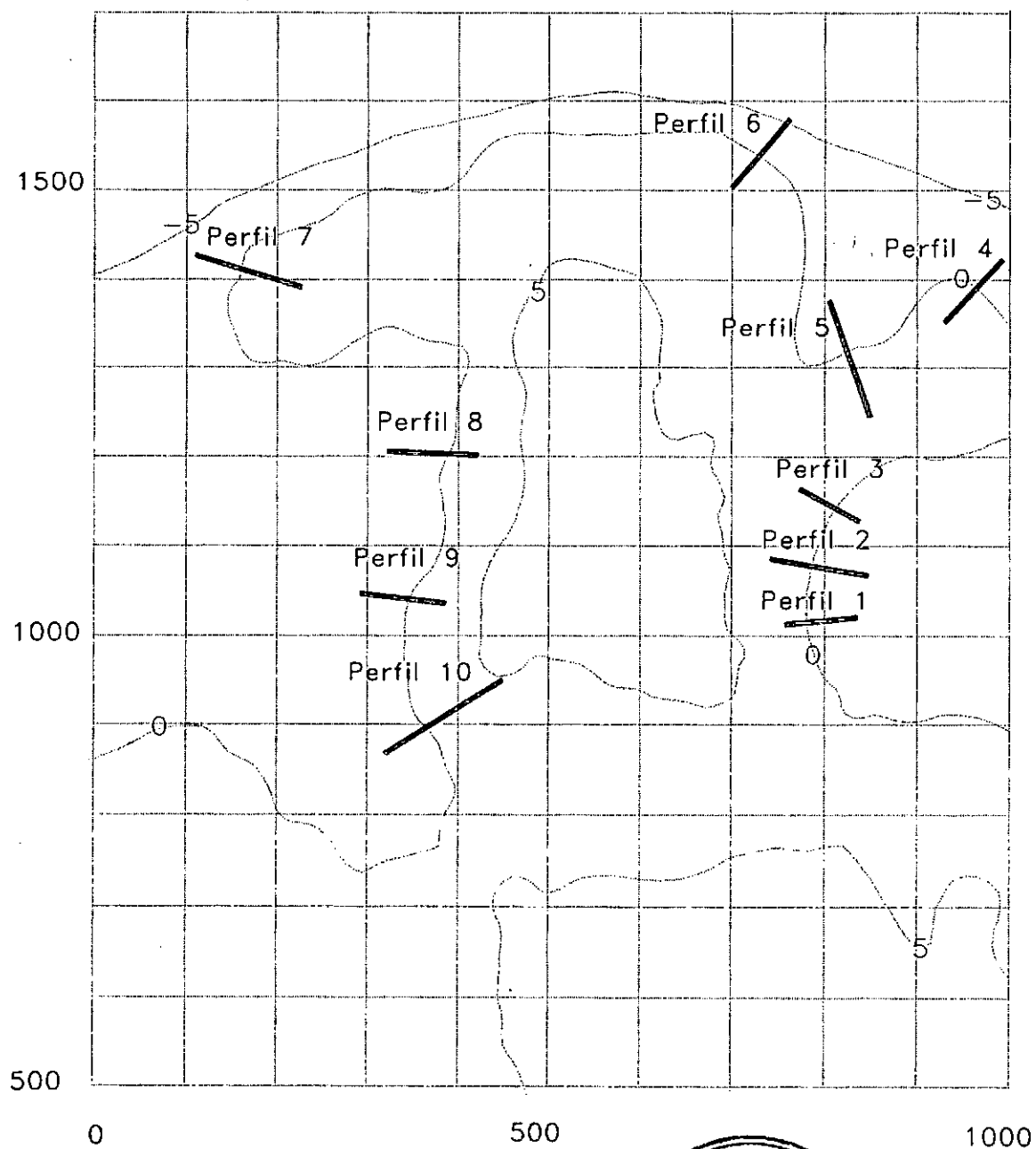
c) Dentro del puerto a construirse en la fase II existirán zonas de baja agitación, con amplitudes de entre 10 y 20% relativas a la ola incidente sobre su boca. No obstante, las atenuaciones detectadas sobre las zonas de atraque resultan mucho menos significativas, con valores de altura de ola relativos que superan 0,9 y se amplifican en el extremo NE.

## REFERENCIAS

- 1     Berkhoff, J.C.W. (1976), "Mathematical models for simple harmonic linear water waves. Wave diffraction and refraction", Delft Hydraulics Laboratory, Publication N° 163
- 2     Vionnet, C., Menéndez, A.N. (1986), "Simulación numérica de olas para el diseño de puertos", XII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San Pablo, Brasil
- 3     Vionnet, C. (1987), "Difracción-refracción combinadas en ondas de agua", Informe LHA-INCYTH 064-02-87
- 4     Vionnet, C., Menéndez, A.N. (1987), "Difracción-refracción combinadas para ondas de agua. Cálculo utilizando elementos finitos híbridos. Incluye contornos absorbentes y amortiguamiento por fricción", 5º Encuentro Nacional de Investigadores y Usuarios del Método de los Elementos Finitos, ENIEF'87, Bariloche
- 5     Cavaliere, M.A., Menéndez, A.N., Castellano, R. (1992), "Estudio de las condiciones de agitación por oleaje en un puerto mediante simulación numérica", Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería, vol. 8, 4
- 6     Ippen, A. T. (1968), "Estuary and coastline hydrodynamics", Editorial McGraw-Hill, Estados Unidos.

# FIGURAS

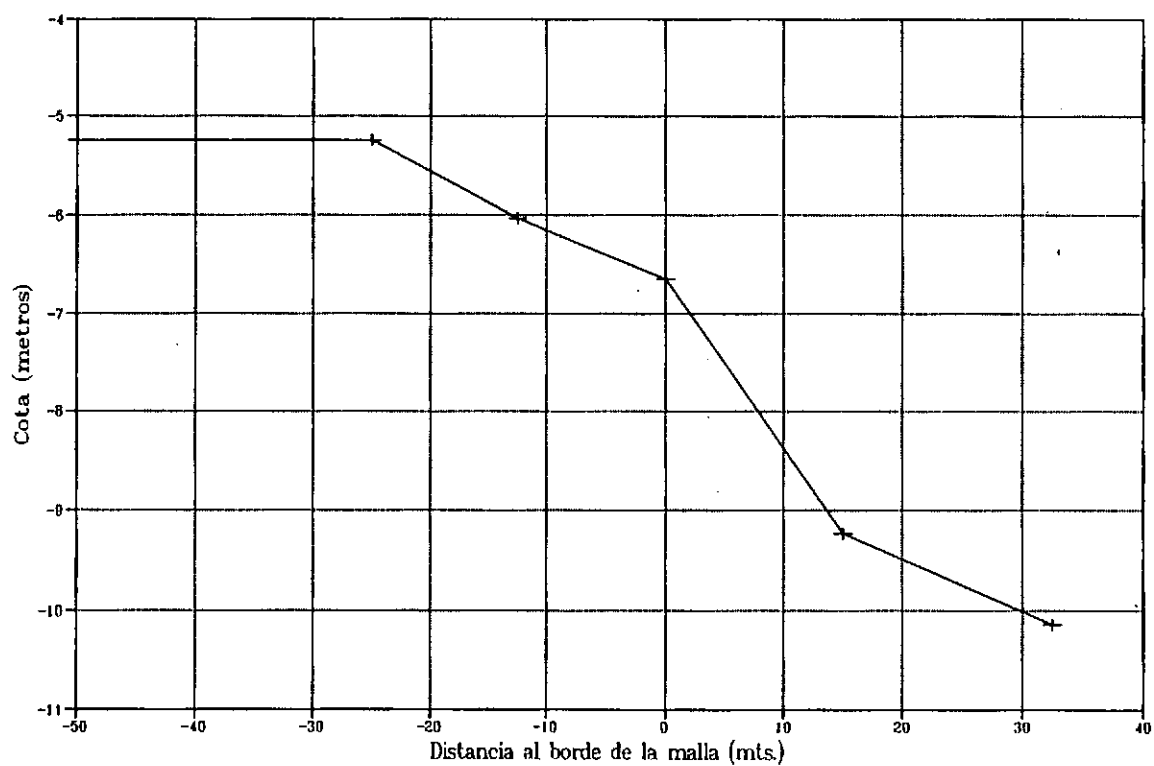
PROPAGACION EN  
LA CALETA



UBICACION DE PERFILES PARA DETERMINAR  
EL COEFICIENTE DE REFLEXION.

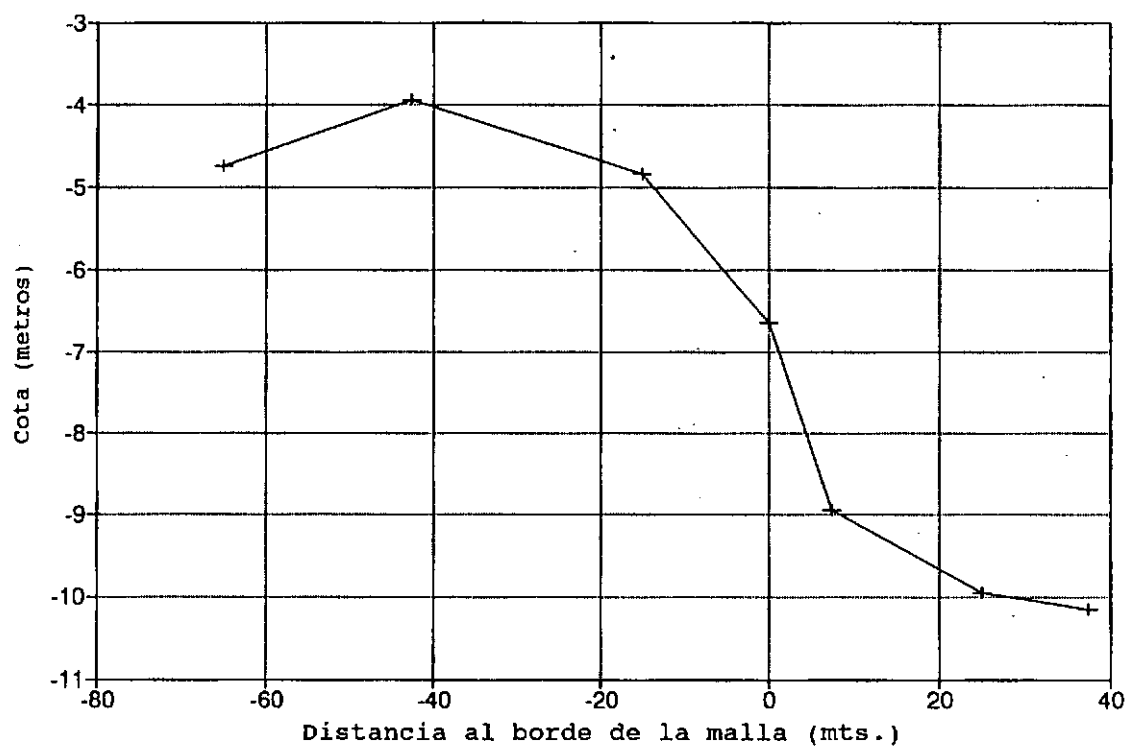
Figura 4.1





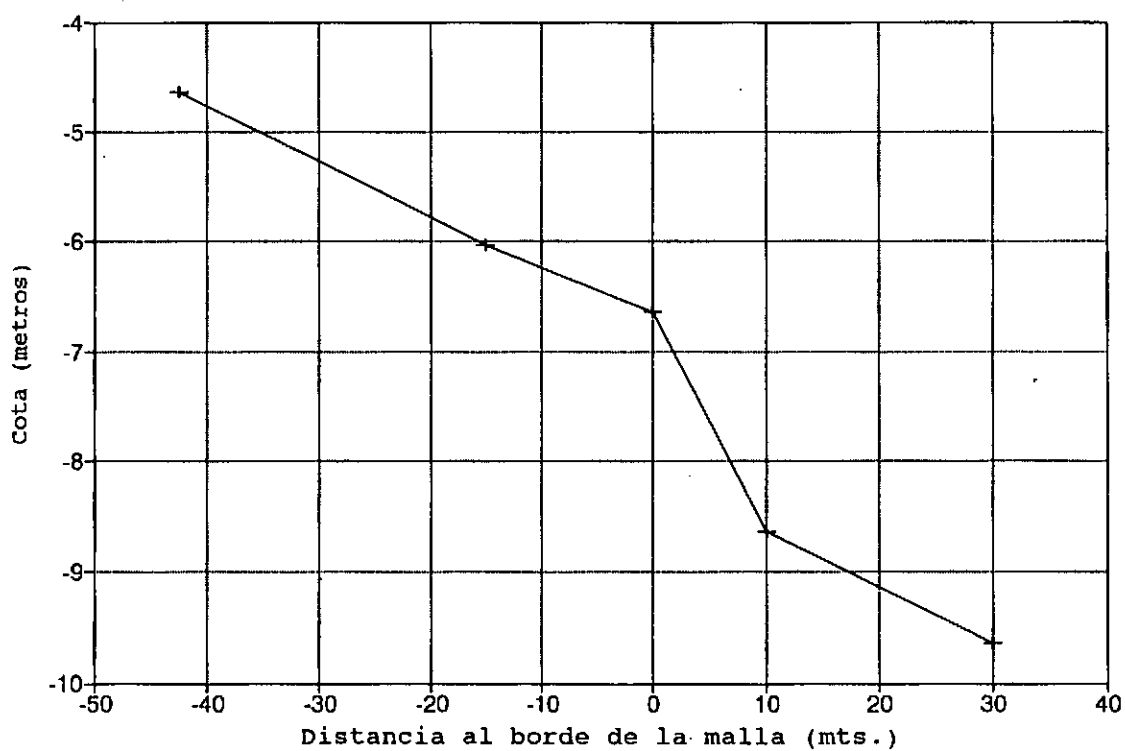
PERFIL 1

Figura 4.2



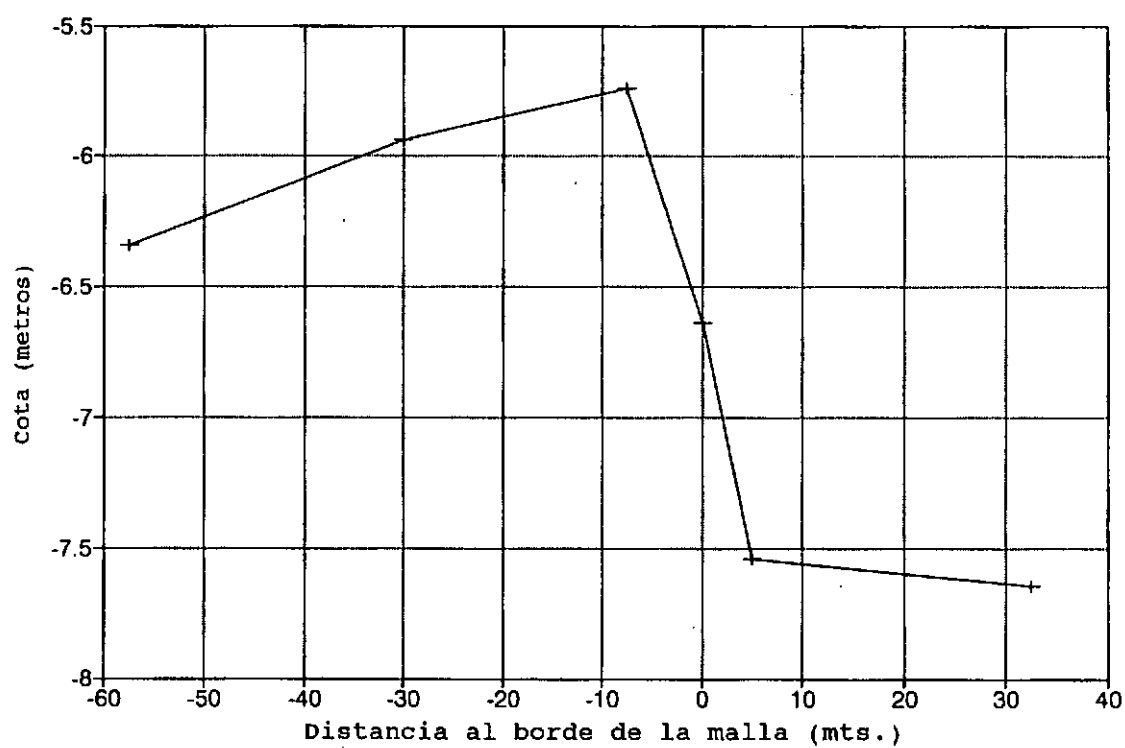
PERFIL 2

Figura 4,3



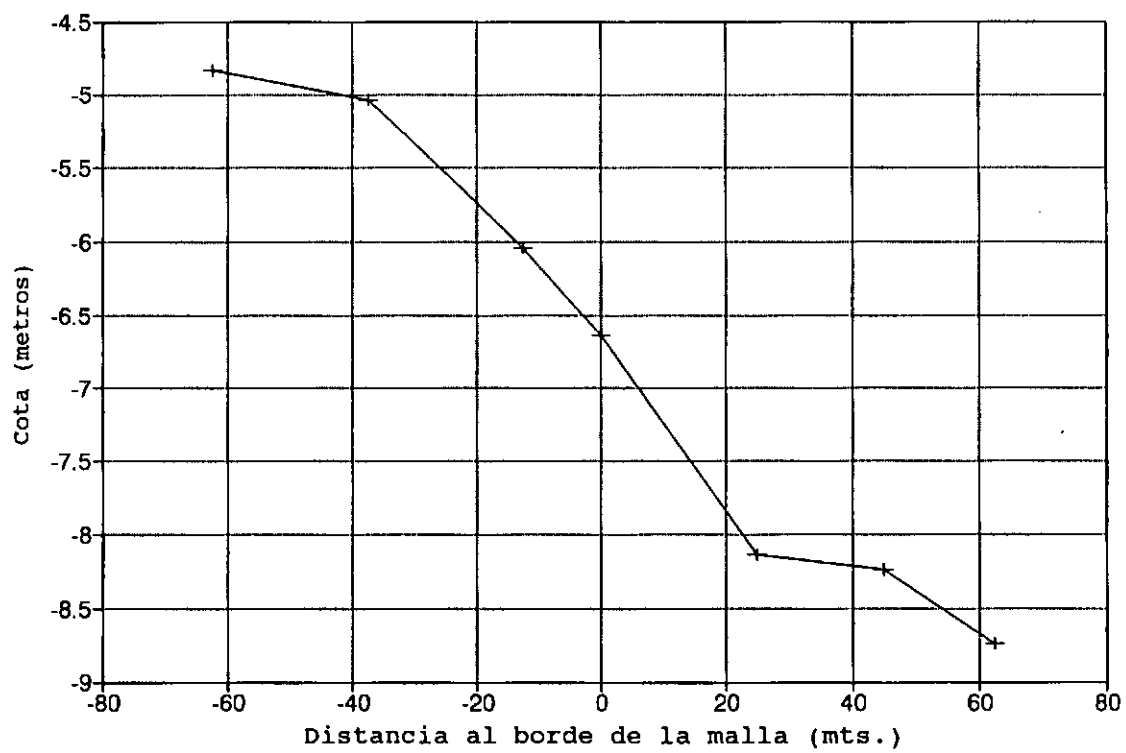
PERFIL 3

Figura 4.4



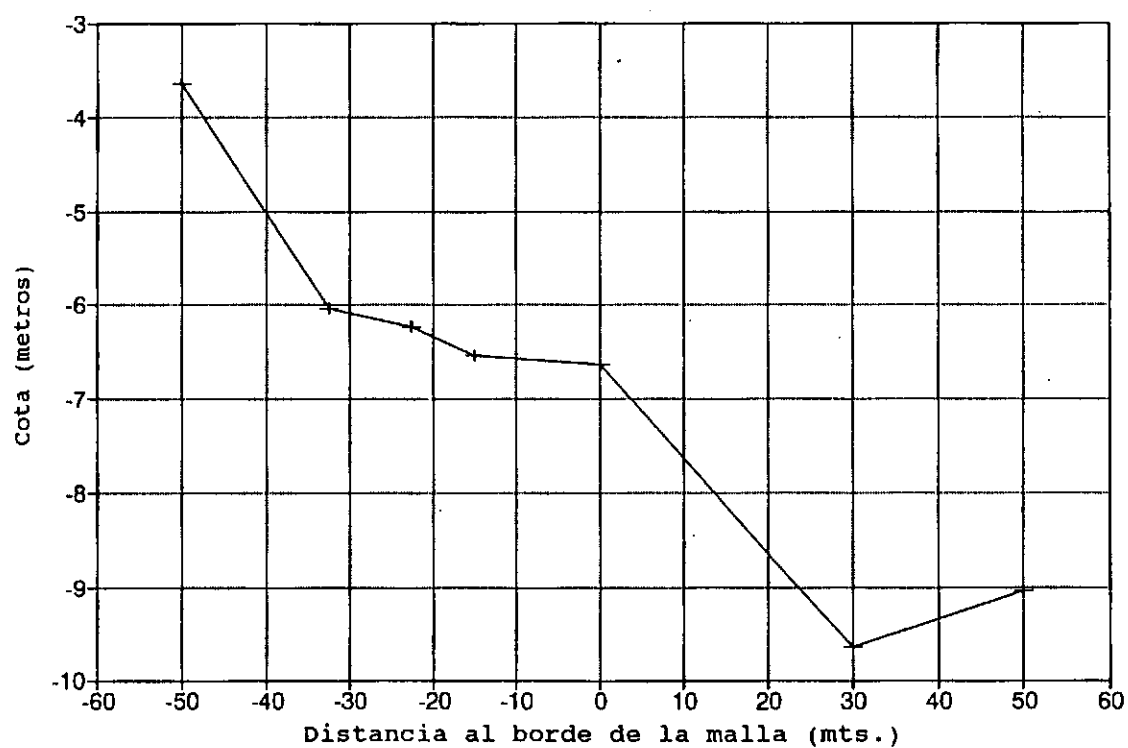
PERFIL 4

Figura 4,5



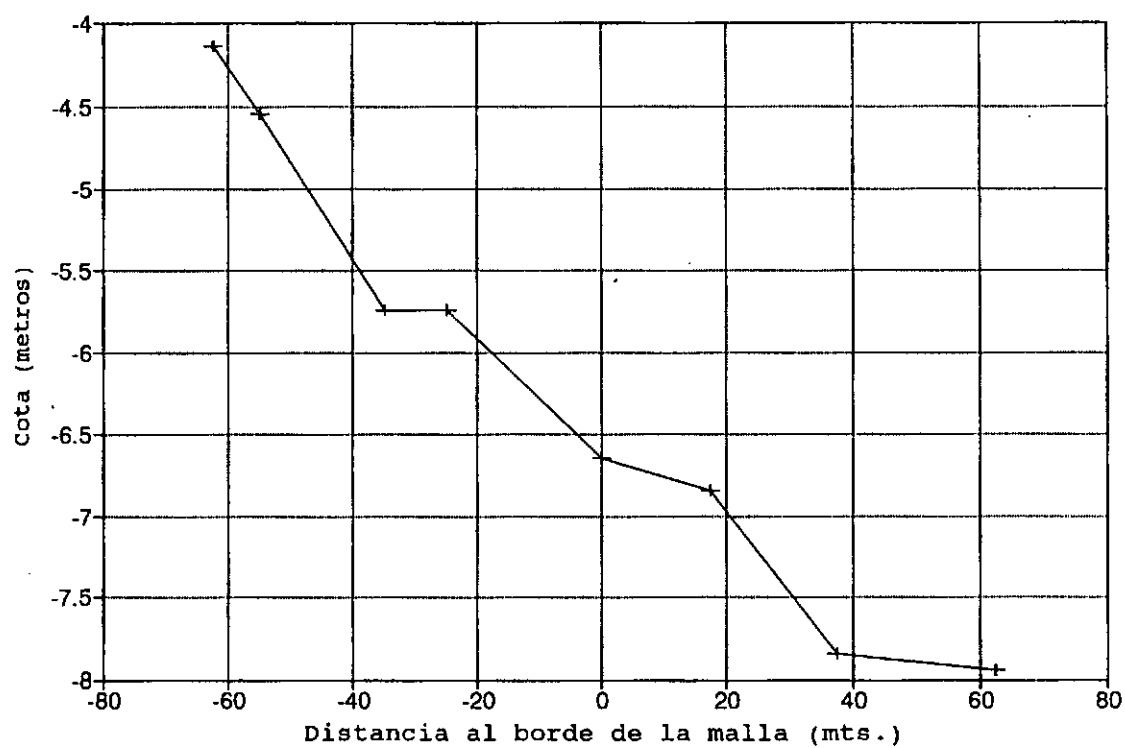
PERFIL 5

Figura 4.6



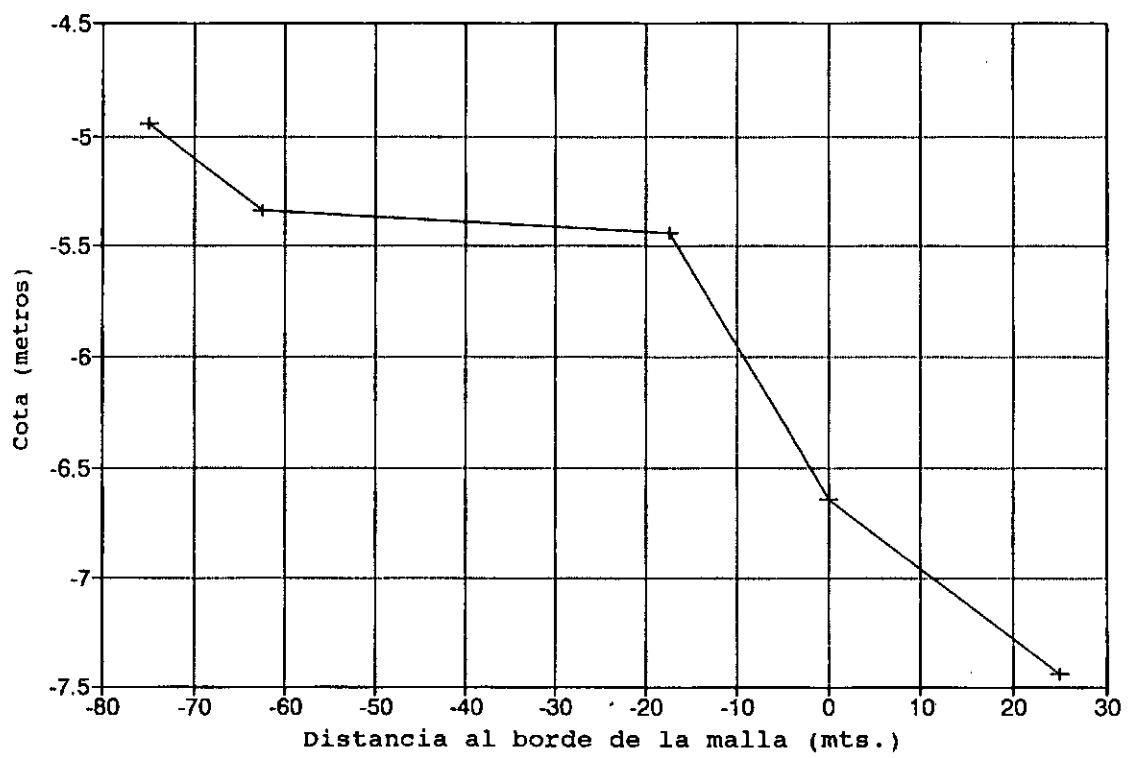
PERFIL 6

Figura 4.7



PERFIL 7

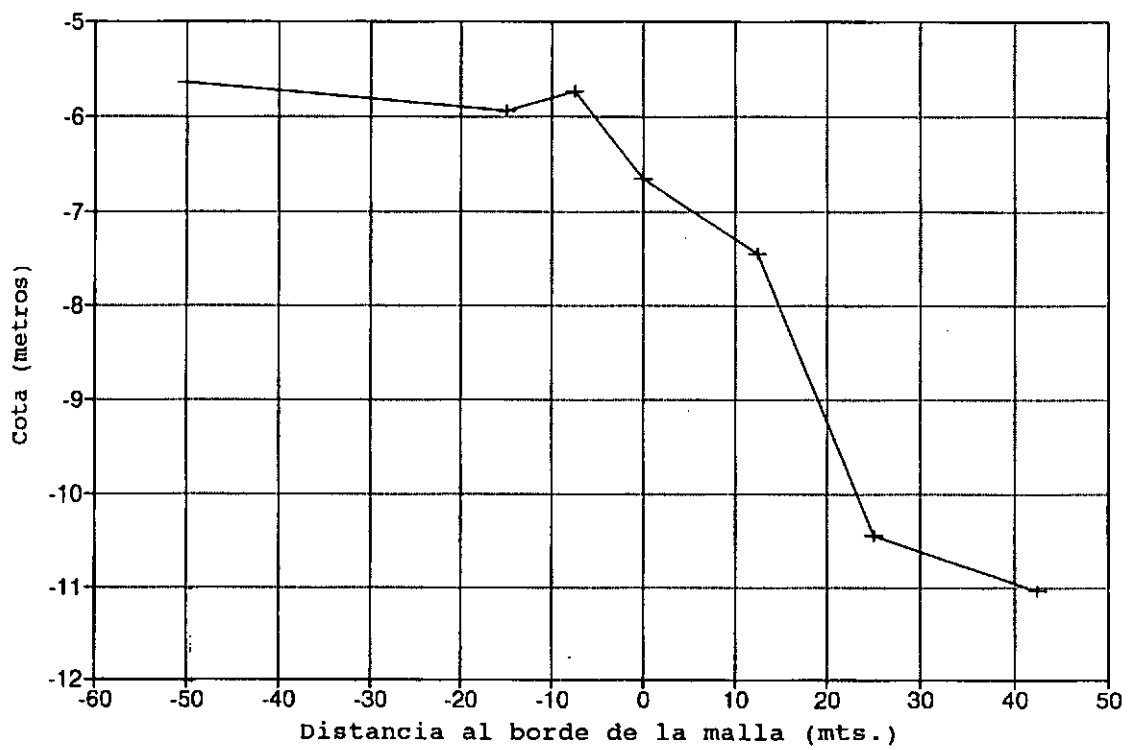
Figura 4.8

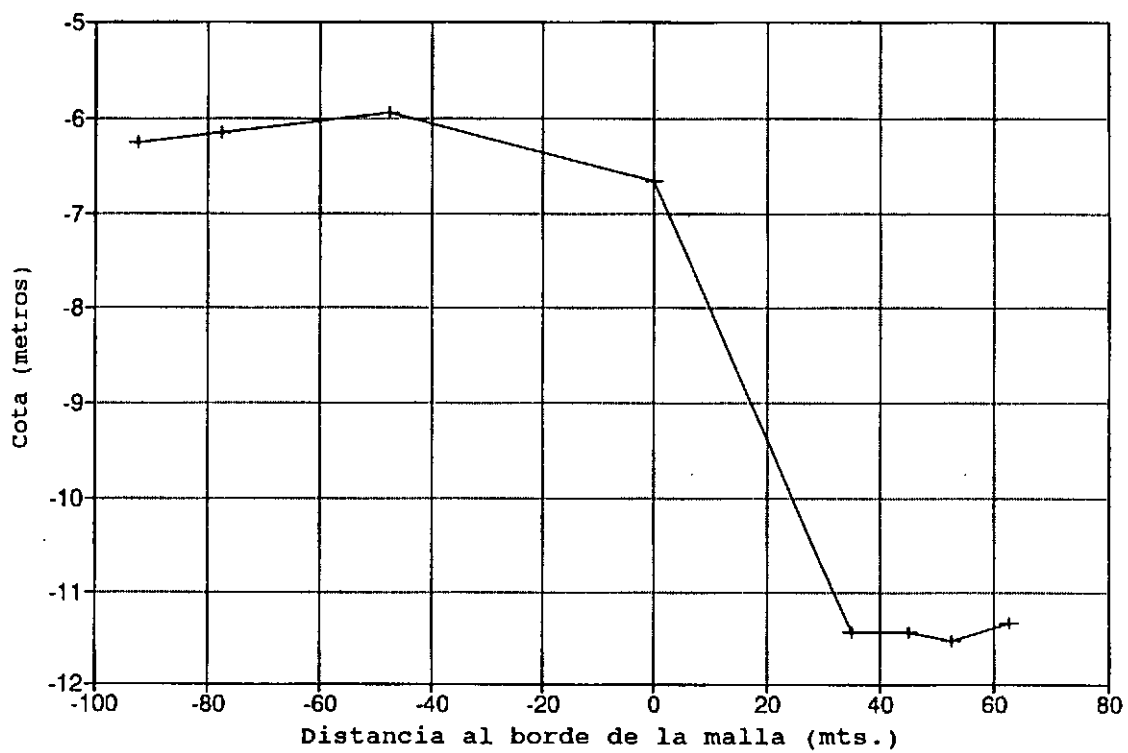


PERFIL 8

Figura 4.9

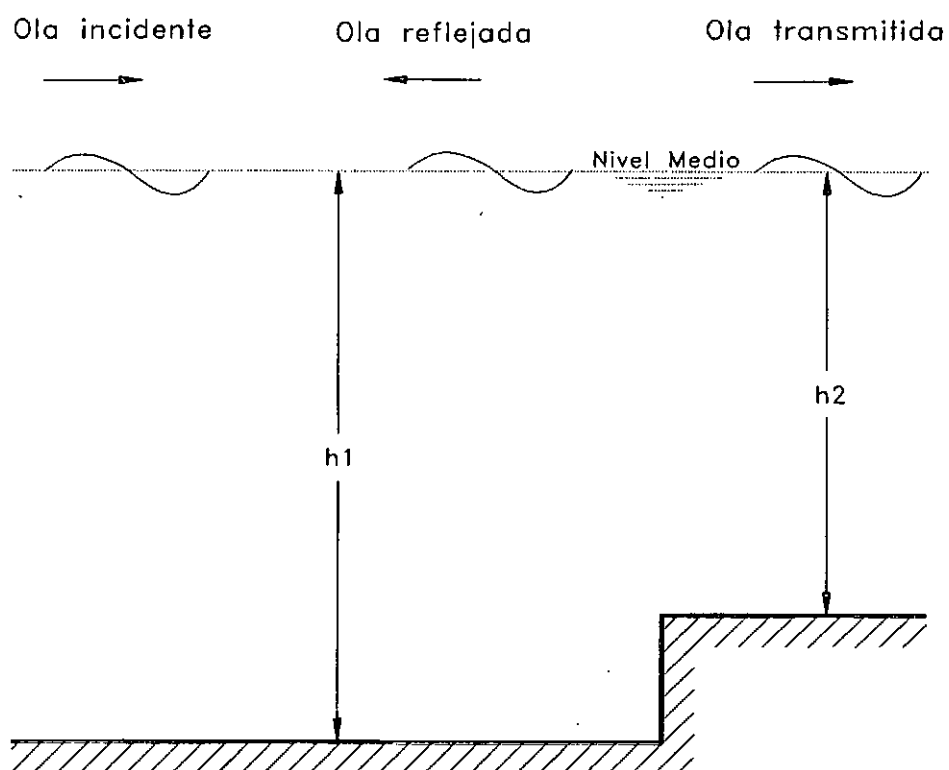


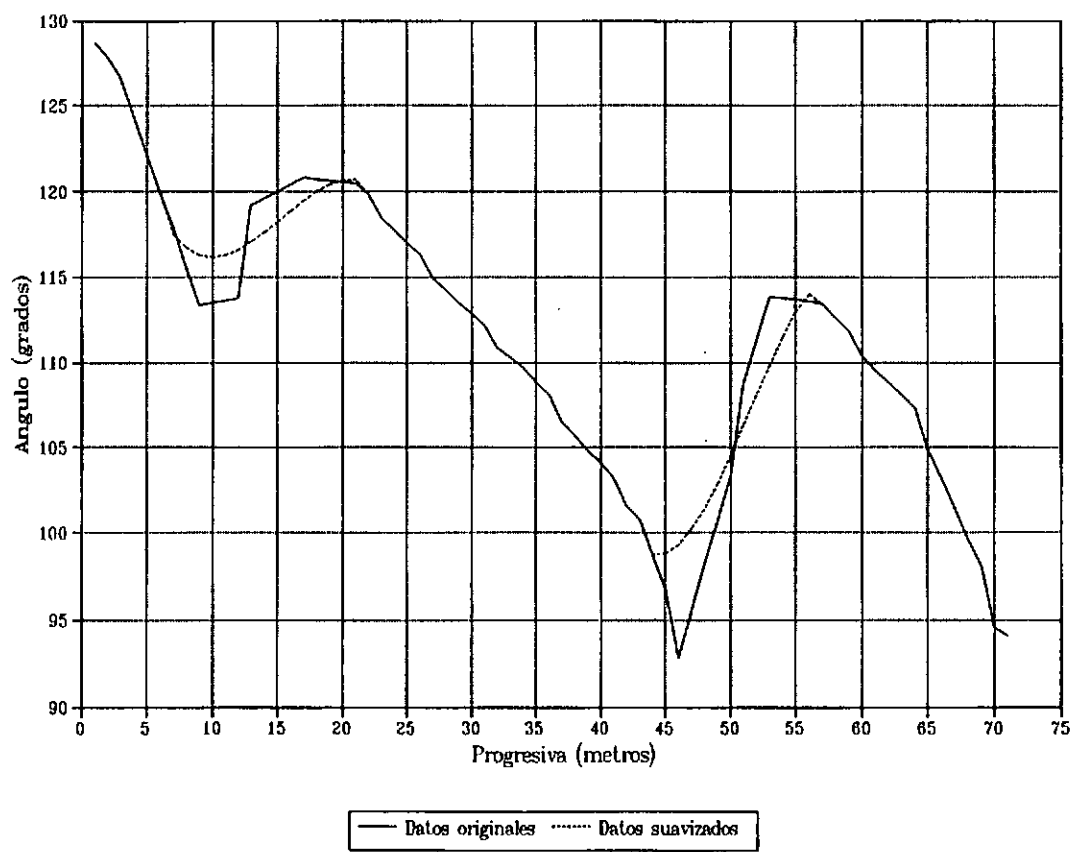




PERFIL 10

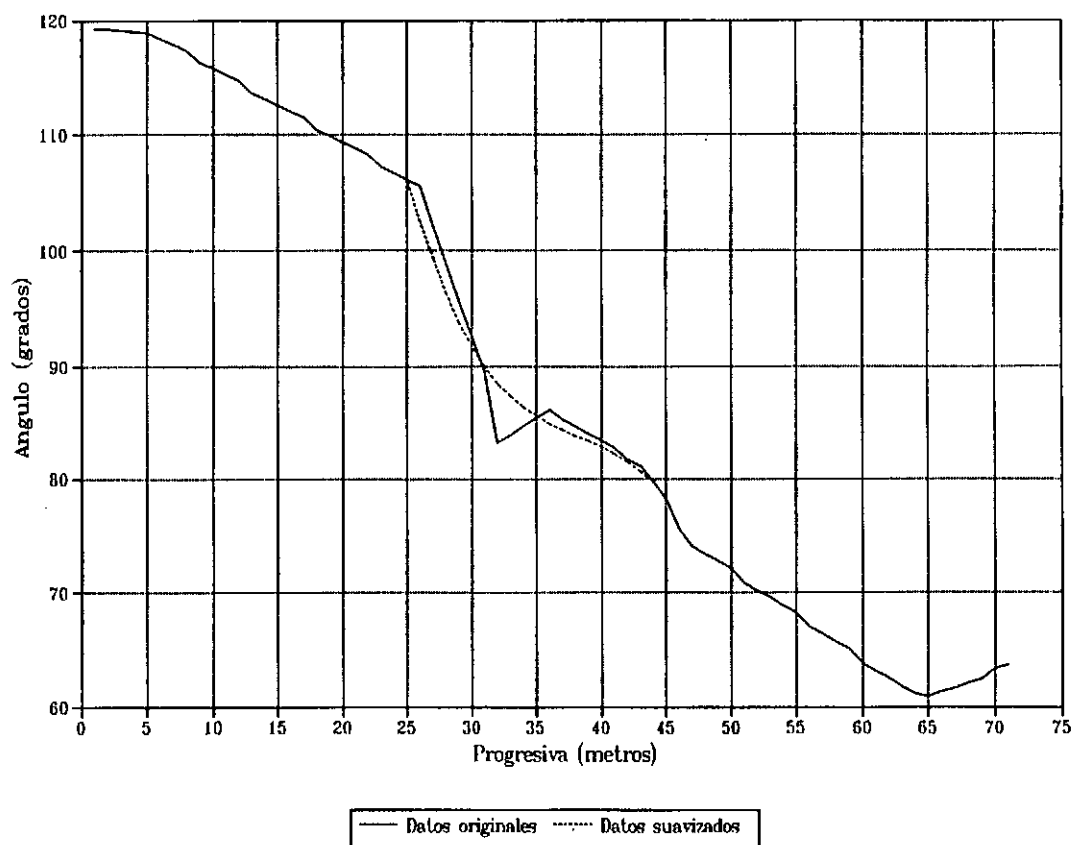
Figura 4.11





DISTRIBUCION DE DIRECCIONES DE INCIDENCIA PARA  
OLAS DEL NE Y  $T = 8$  SEGUNDOS. PLEAMAR.

Figura 4.13



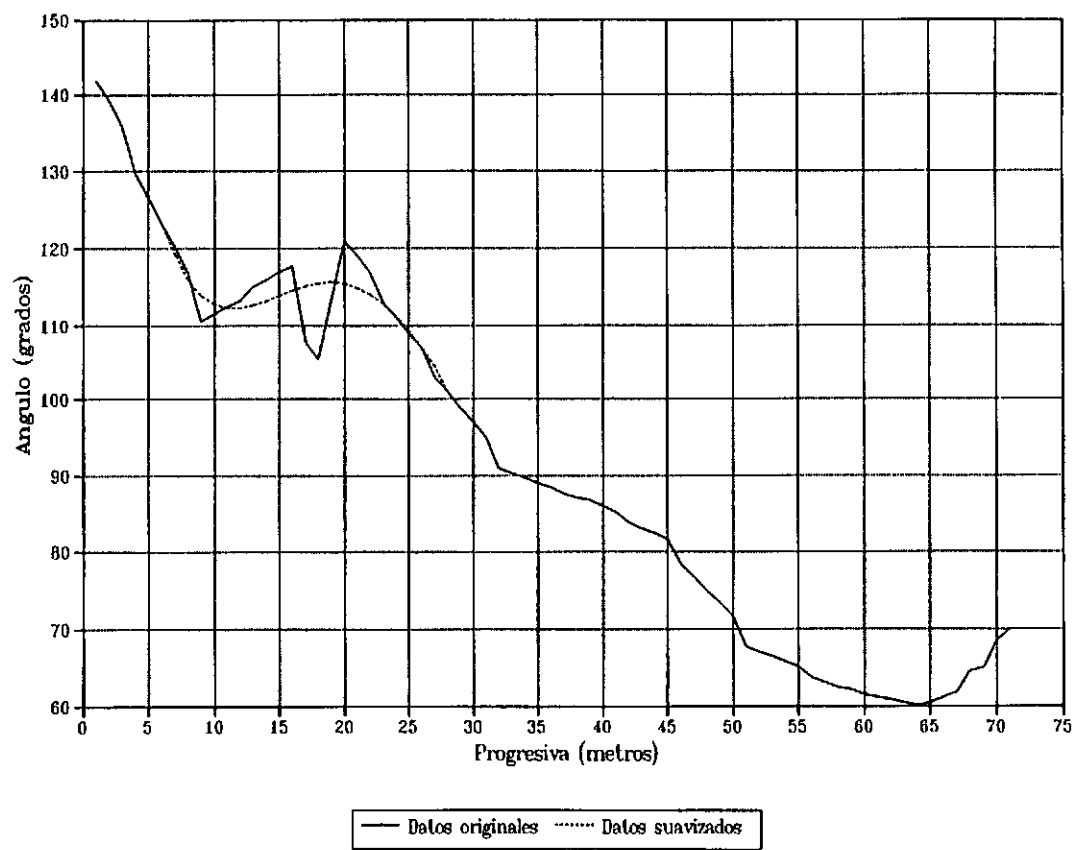
DISTRIBUCION DE DIRECCIONES DE INCIDENCIA PARA  
OLAS DEL SE Y T= 8 SEGUNDOS. MAREA INTERMEDIA.

Figura 4.14



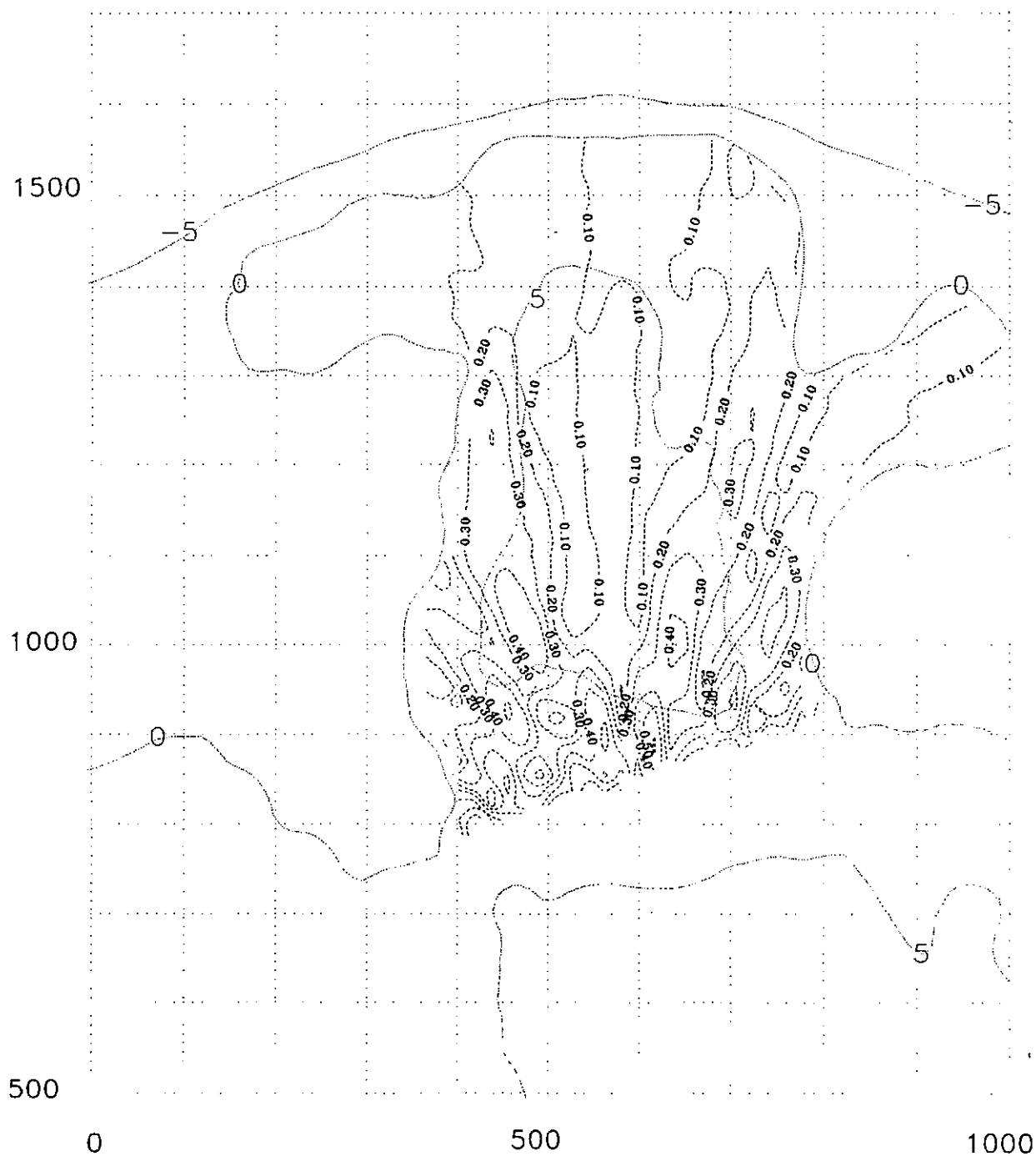
DISTRIBUCION DE DIRECCIONES DE INCIDENCIA PARA  
OLAS DEL NE Y T = 12 SEGUNDOS. MAREA INTERMEDIA.

Figura 4.15



DISTRIBUCION DE DIRECCIONES DE INCIDENCIA PARA  
OLAS DEL SE Y T = 12 SEGUNDOS. MAREA INTERMEDIA.

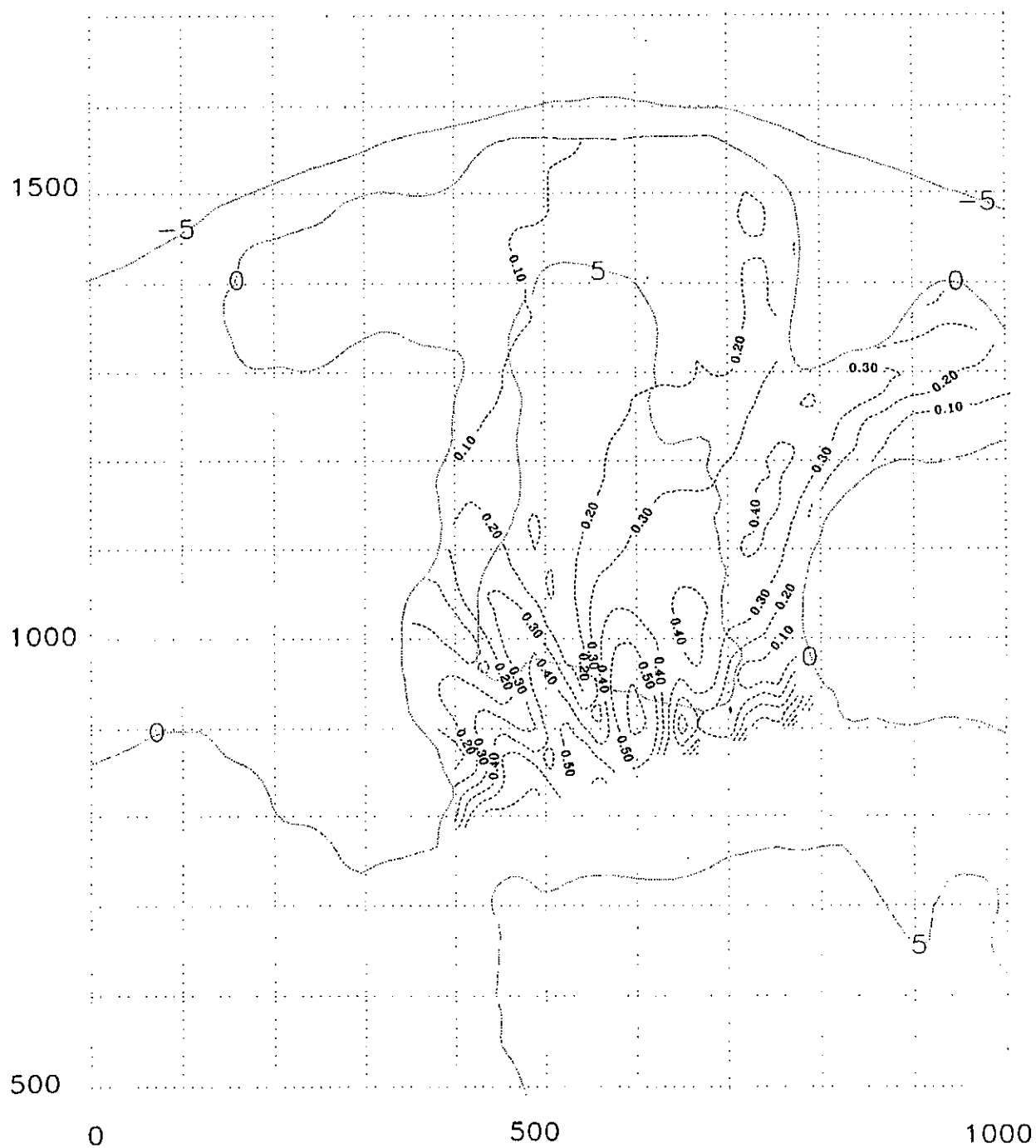
Figura 4.16



PATRON DE AGITACION PARA  $T = 8$  SEGUNDOS Y DIRECCION NE  
EN AGUAS PROFUNDAS. PLEAMAR.

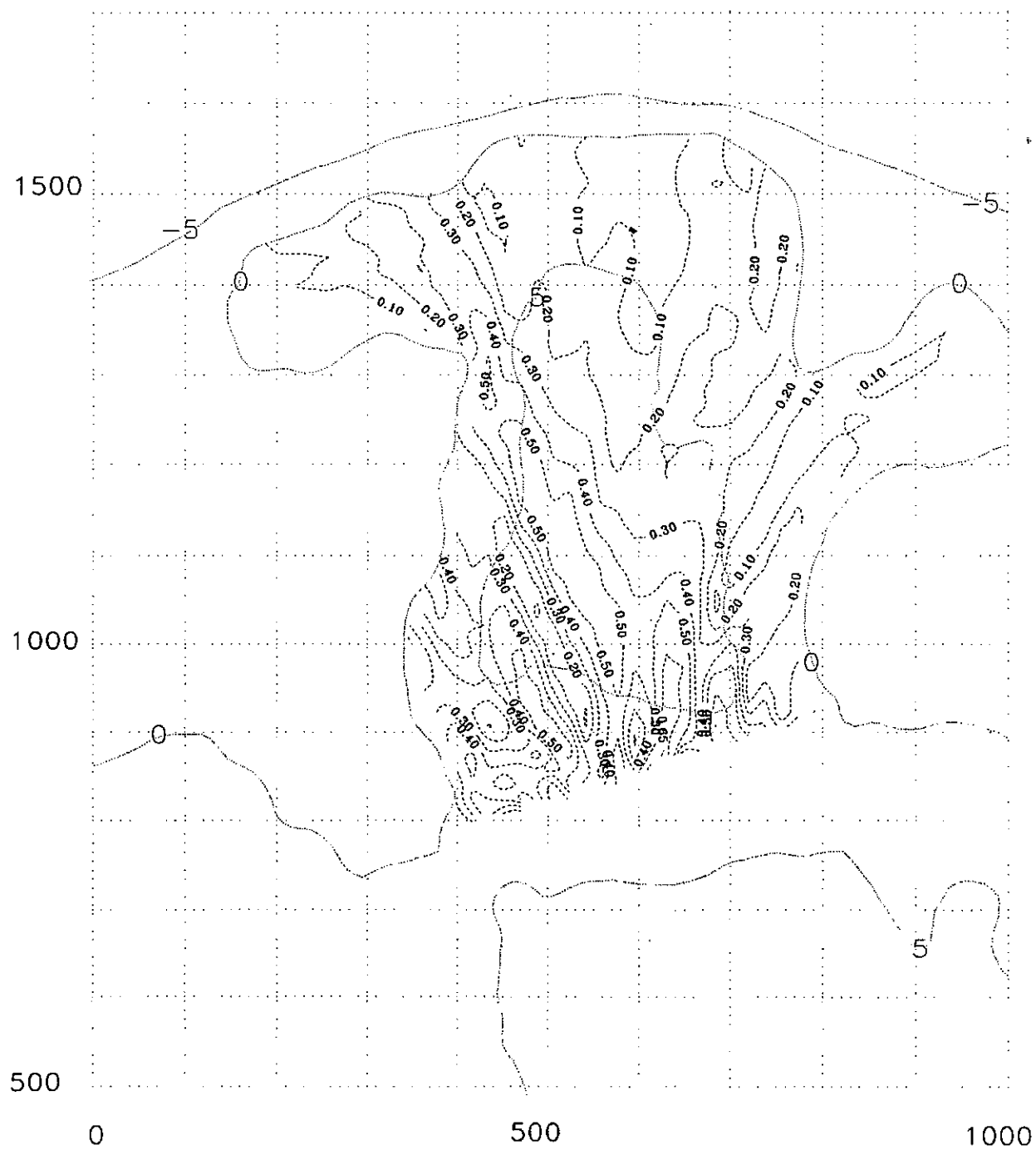
Figura 4,17





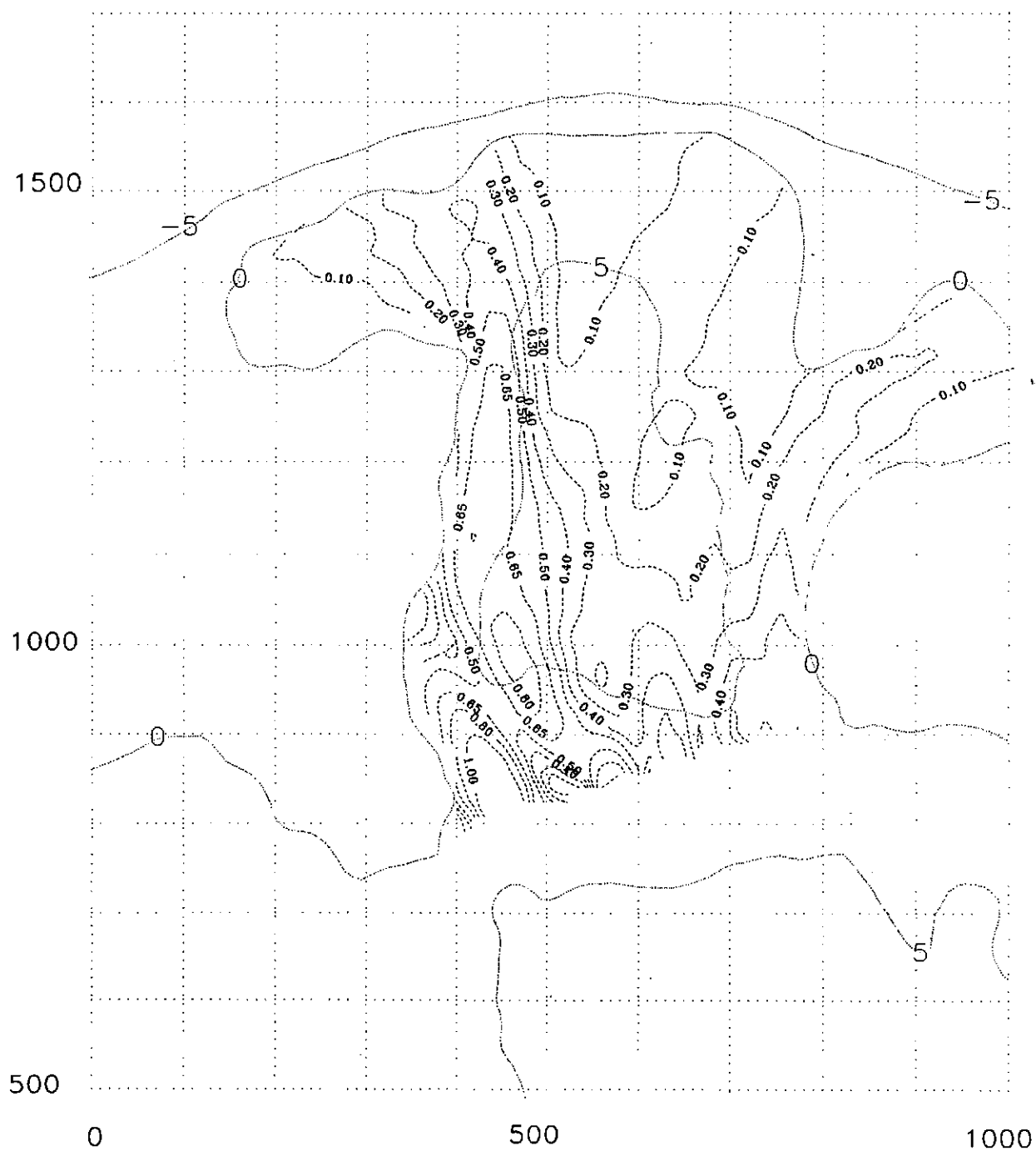
PATRON DE AGITACION PARA  $T = 12$  SEGUNDOS Y DIRECCION NE  
EN AGUAS PROFUNDAS. PLEAMAR.

Figura 4,18



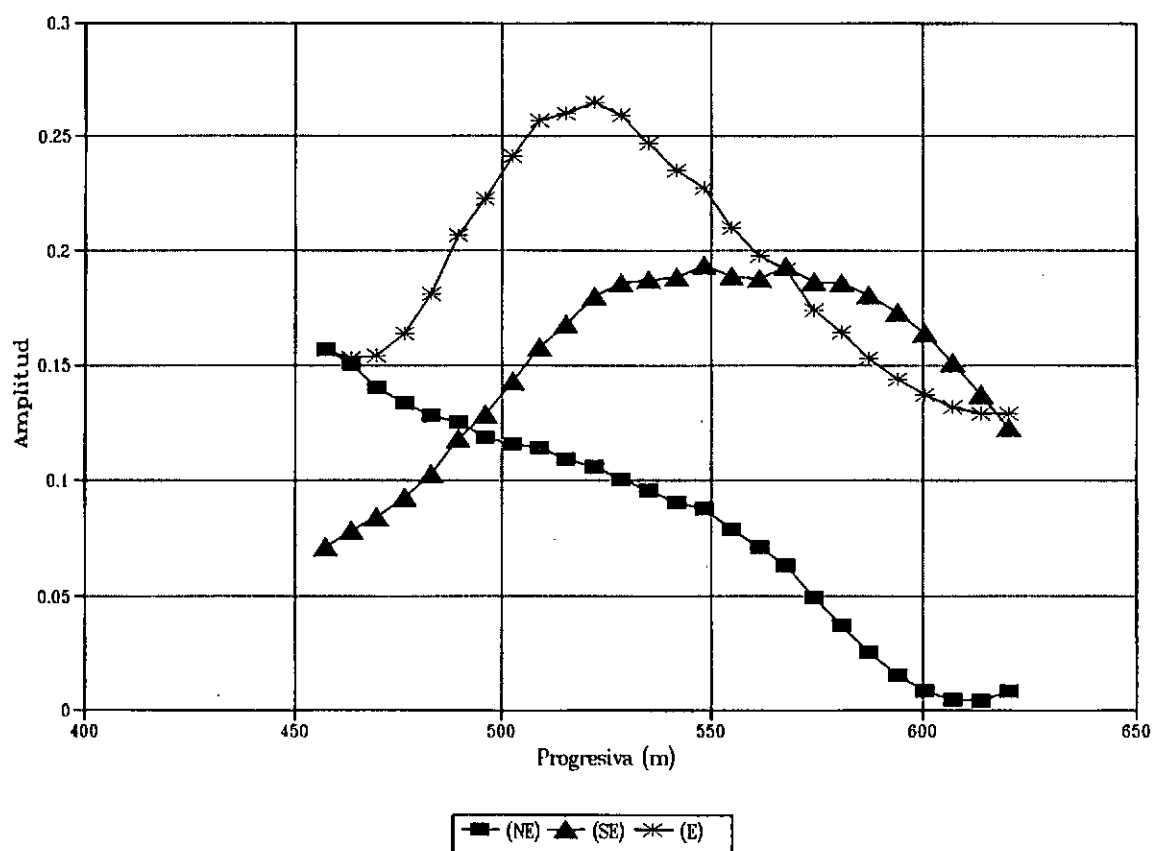
PATRON DE AGITACION PARA  $T = 8$  SEGUNDOS Y DIRECCION NE  
EN AGUAS PROFUNDAS. MAREA INTERMEDIA.

Figura 4.19



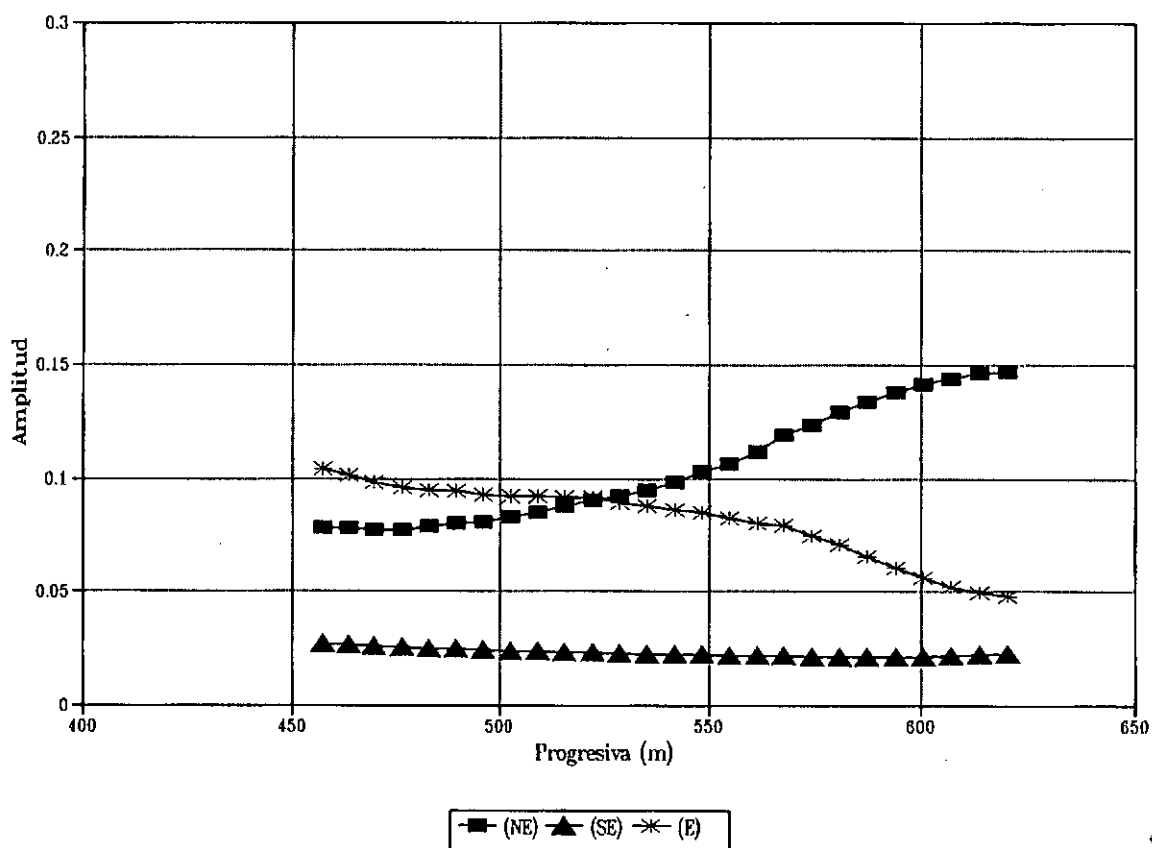
PATRON DE AGITACION PARA  $T = 12$  SEGUNDOS Y DIRECCION NE  
EN AGUAS PROFUNDAS. MAREA INTERMEDIA.

Figura 4.20



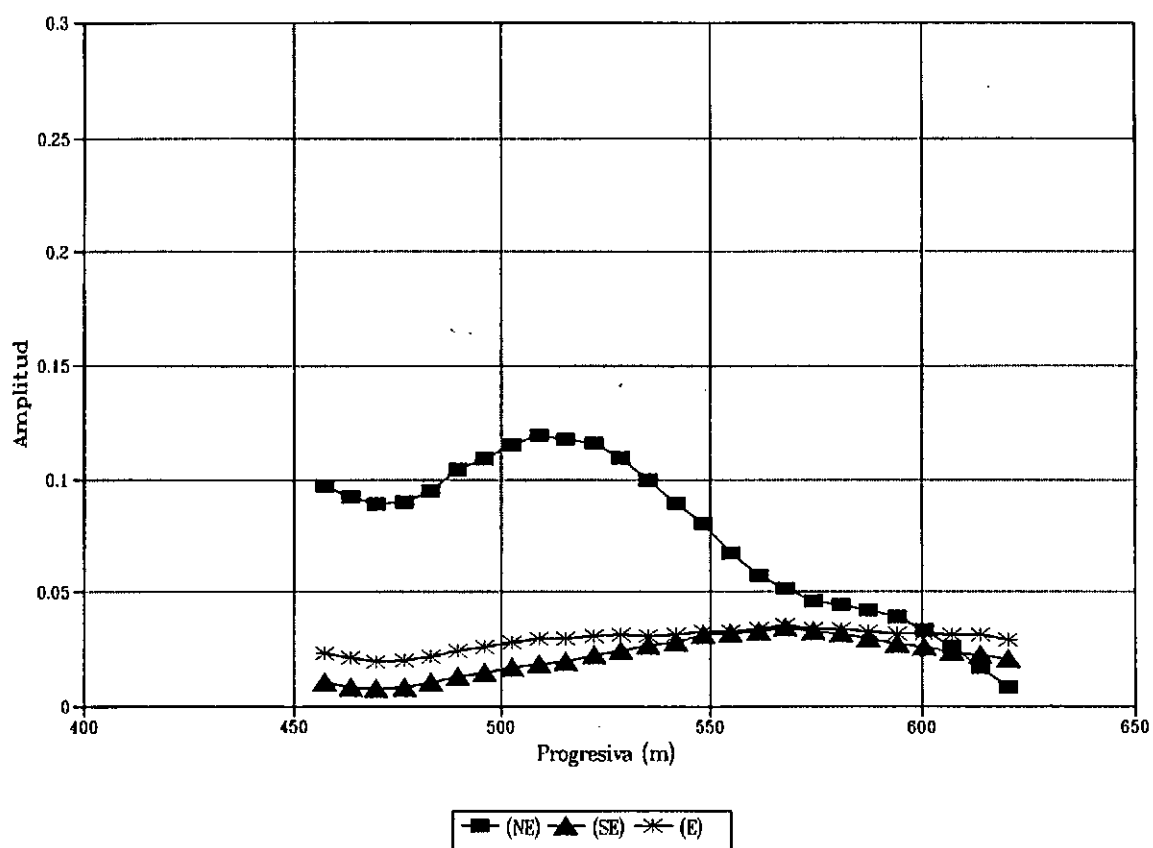
AMPLITUD EN LA ENTRADA DEL PUERTO  
T = 8 SEGUNDOS, PLEAMAR.

Figura 4.21



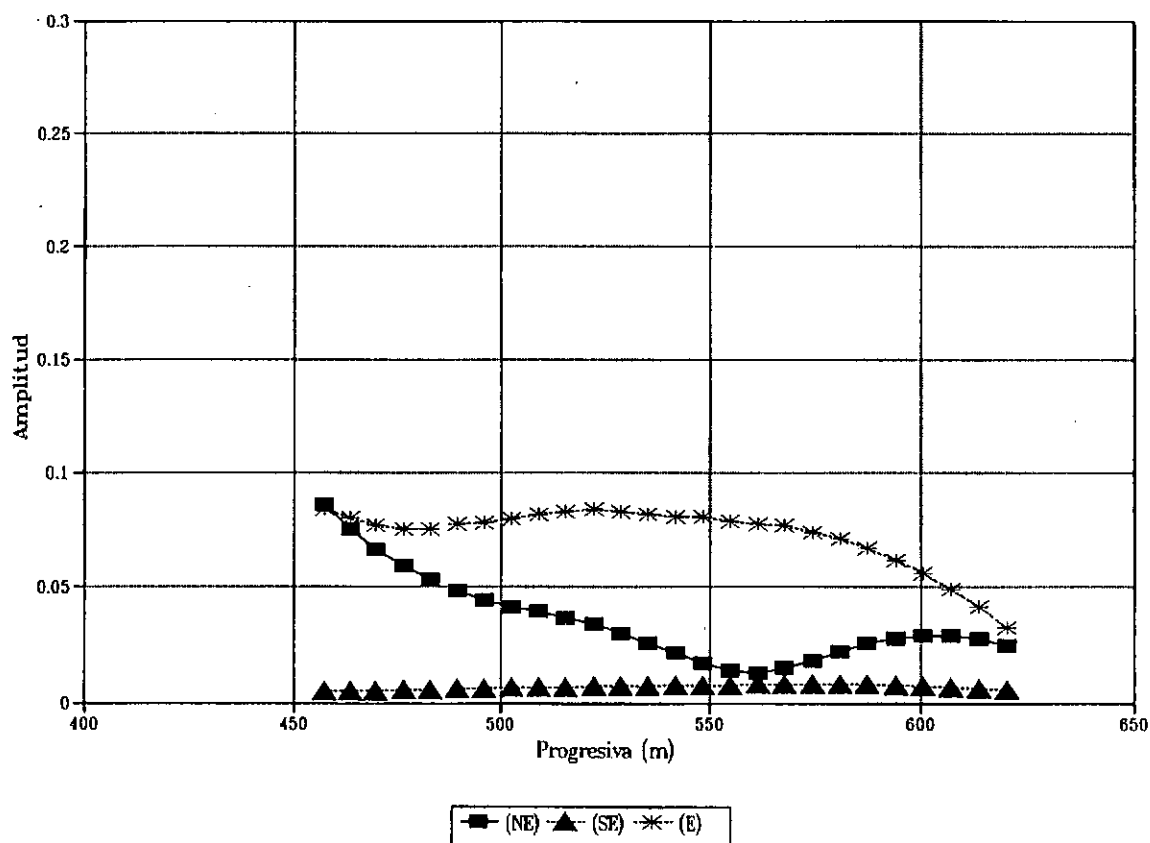
AMPLITUD EN LA ENTRADA DEL PUERTO  
T = 12 SEGUNDOS, PLEAMAR.

Figura 4.22



AMPLITUD EN LA ENTRADA DEL PUERTO  
T = 8 SEGUNDOS, MAREA INTERMEDIA.

Figura 4.23

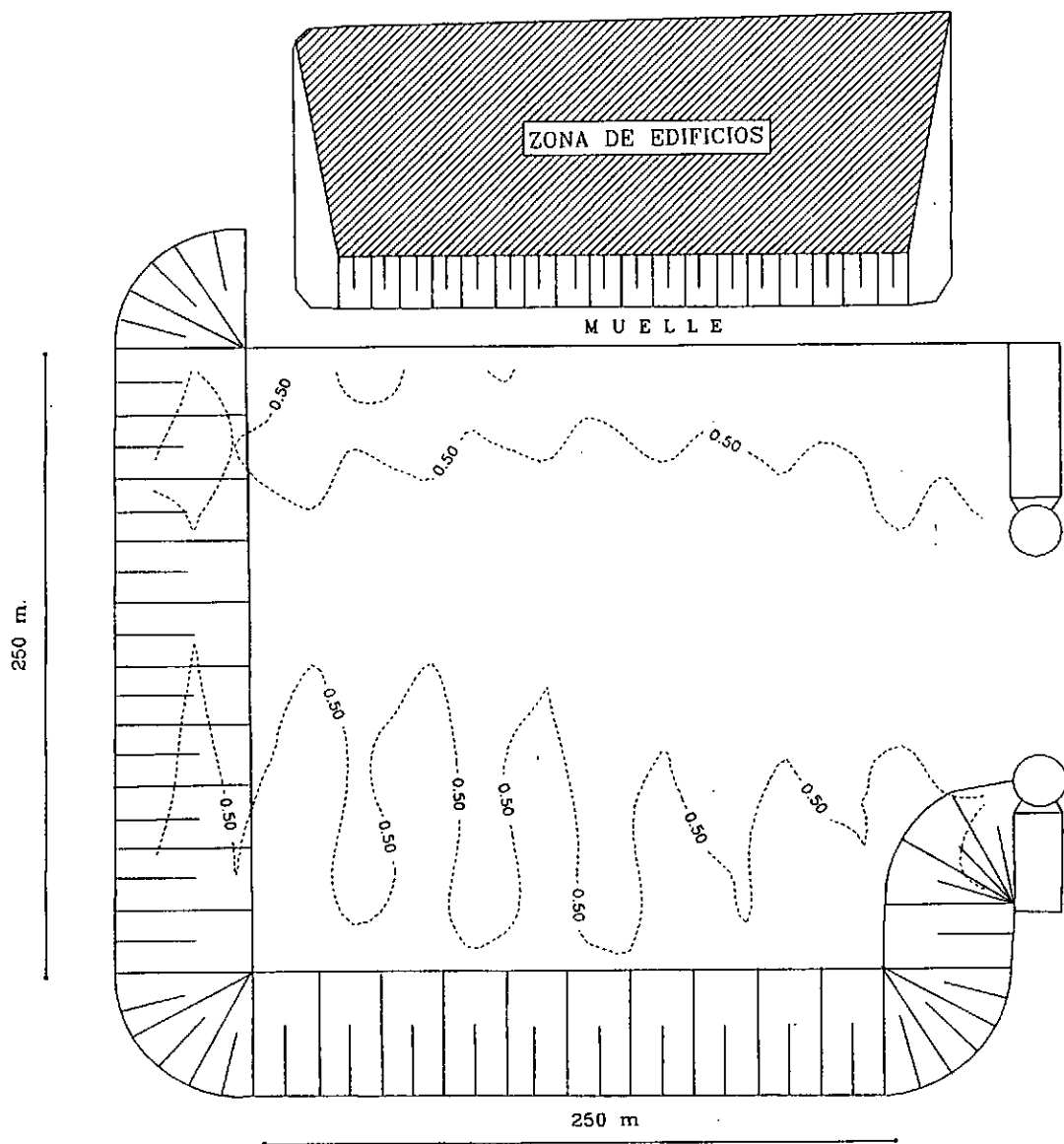


AMPLITUD EN LA ENTRADA DEL PUERTO  
T = 12 SEGUNDOS, MAREA INTERMEDIA.

Figura 4.24

# PUERTO FASE I

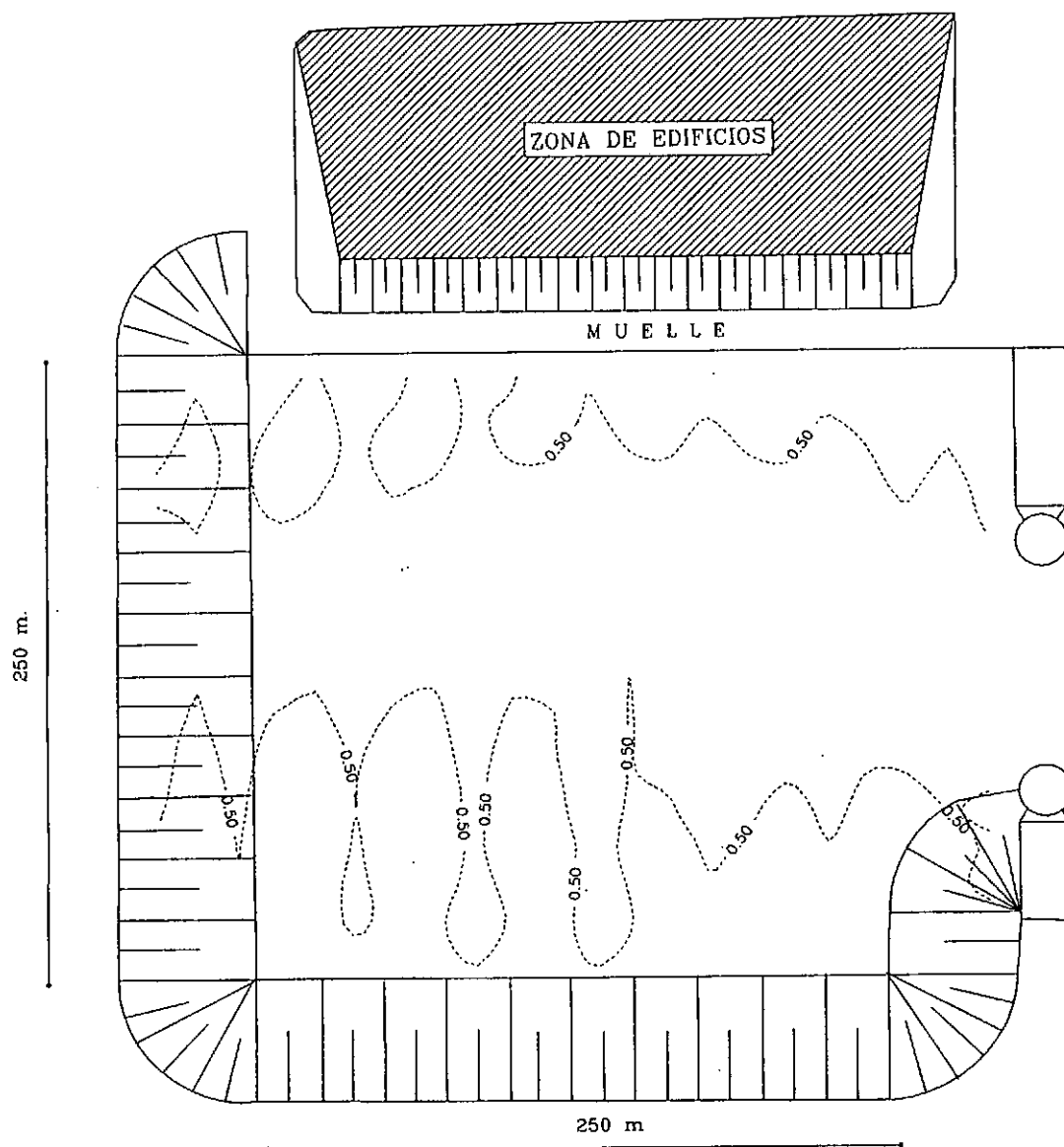




PLEAMAR

CURVA DE ISOAMPLITUD RELATIVA DEL 50% PARA UN PERIODO DE 8 SEGUNDOS Y UN COEFICIENTE DE ABSORCION DEL TALUD DE 0.35.

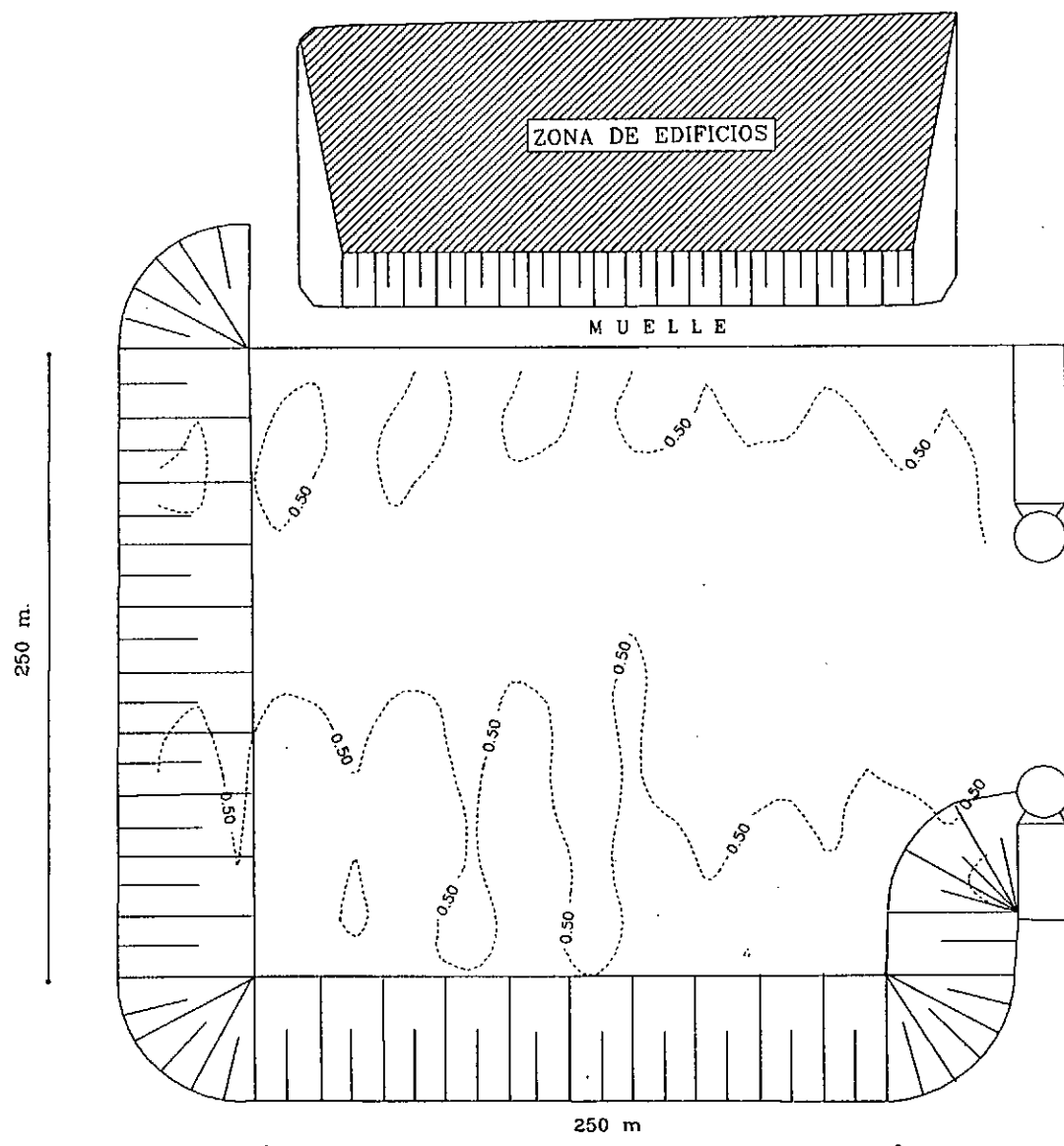
Figura 5.6



PLEAMAR

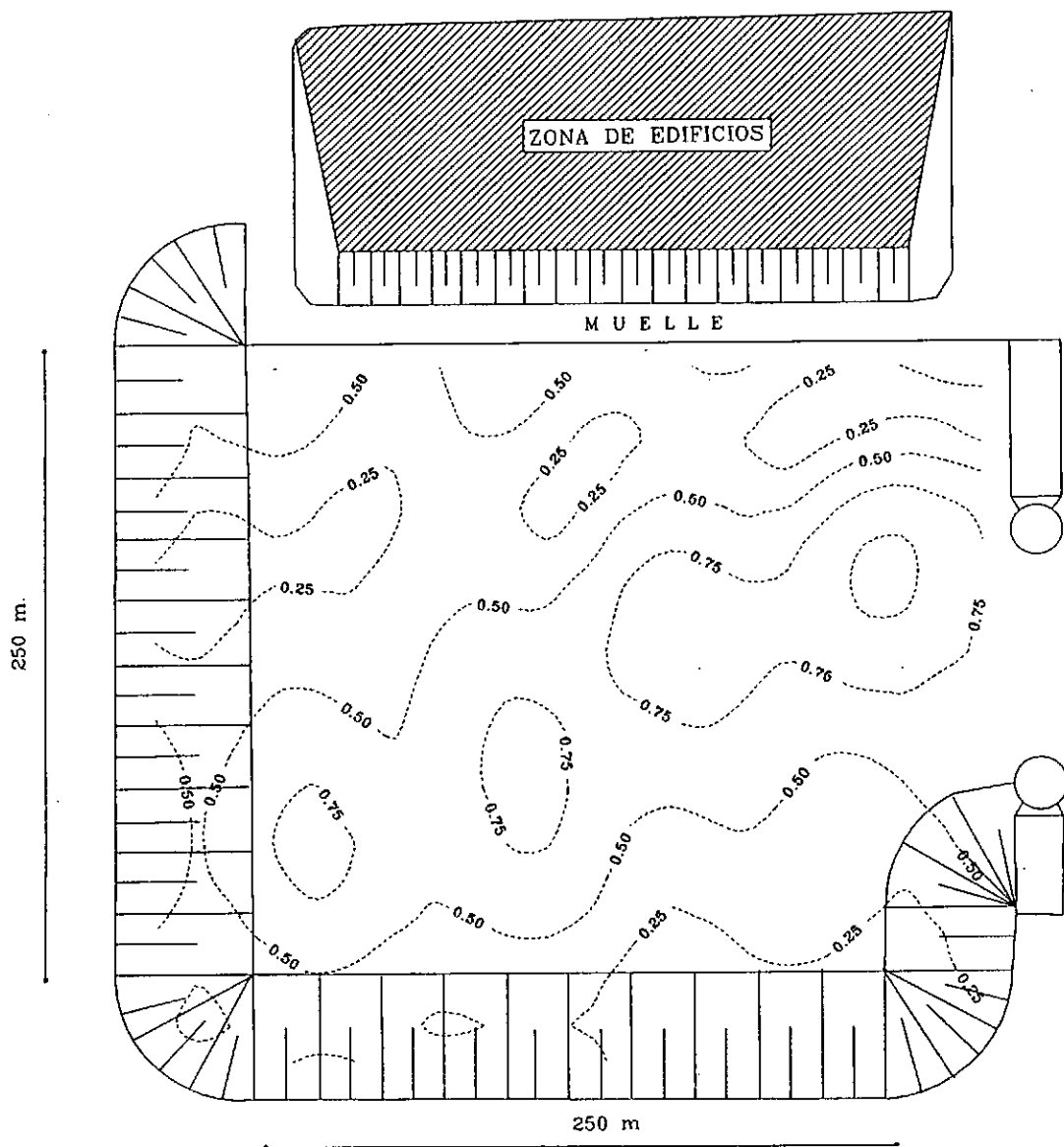
CURVA DE ISOAMPLITUD RELATIVA DEL 50% PARA UN PERIODO DE 8 SEGUNDOS Y UN COEFICIENTE DE ABSORCION DEL TALUD DE 0.50.

Figura 5.7



CURVA DE ISOAMPLITUD RELATIVA DEL 50% PARA UN PERIODO DE 8 SEGUNDOS Y UN COEFICIENTE DE ABSORCION DEL TALUD DE 0.65.

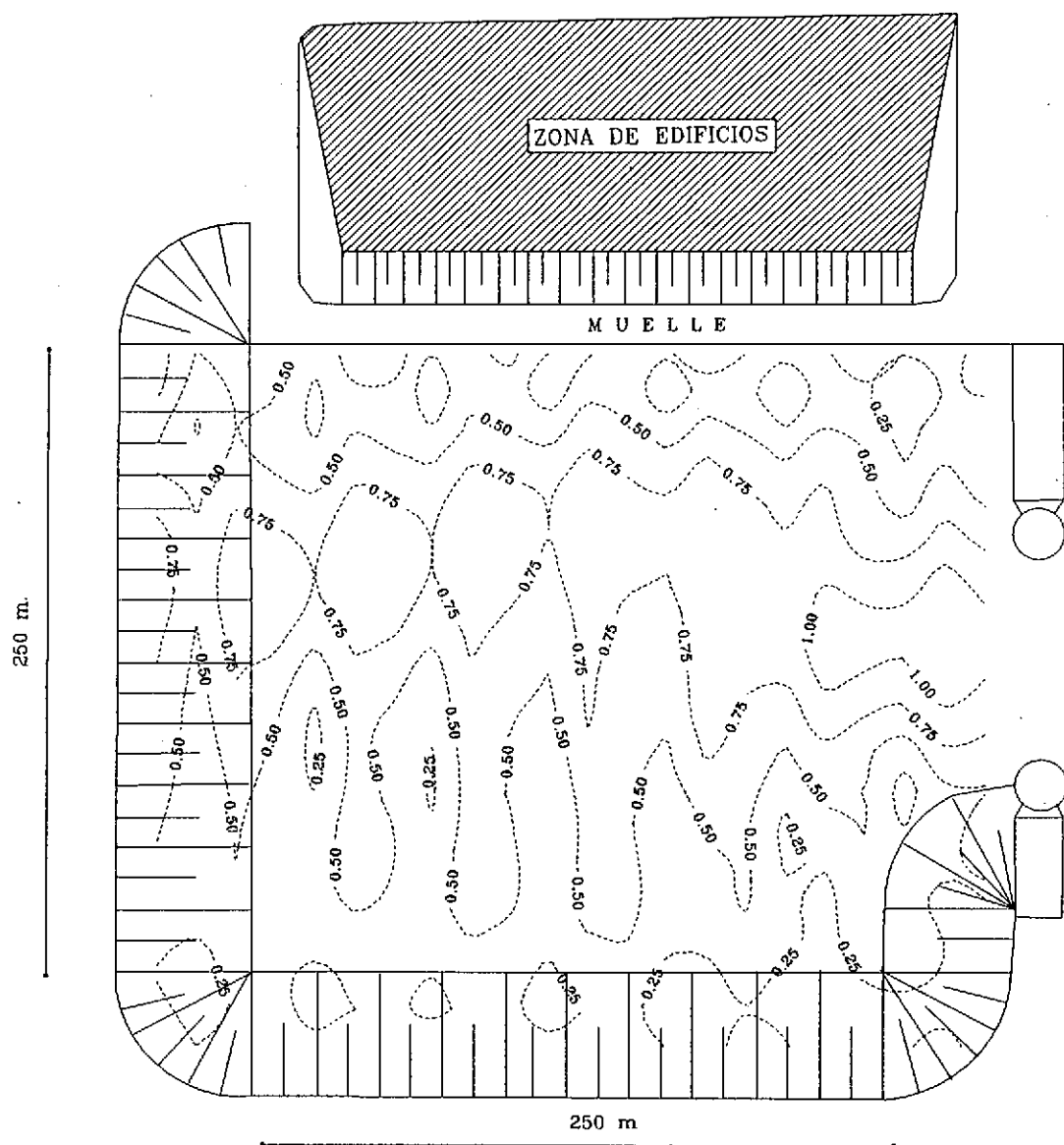
Figura 5.8



PLEAMAR

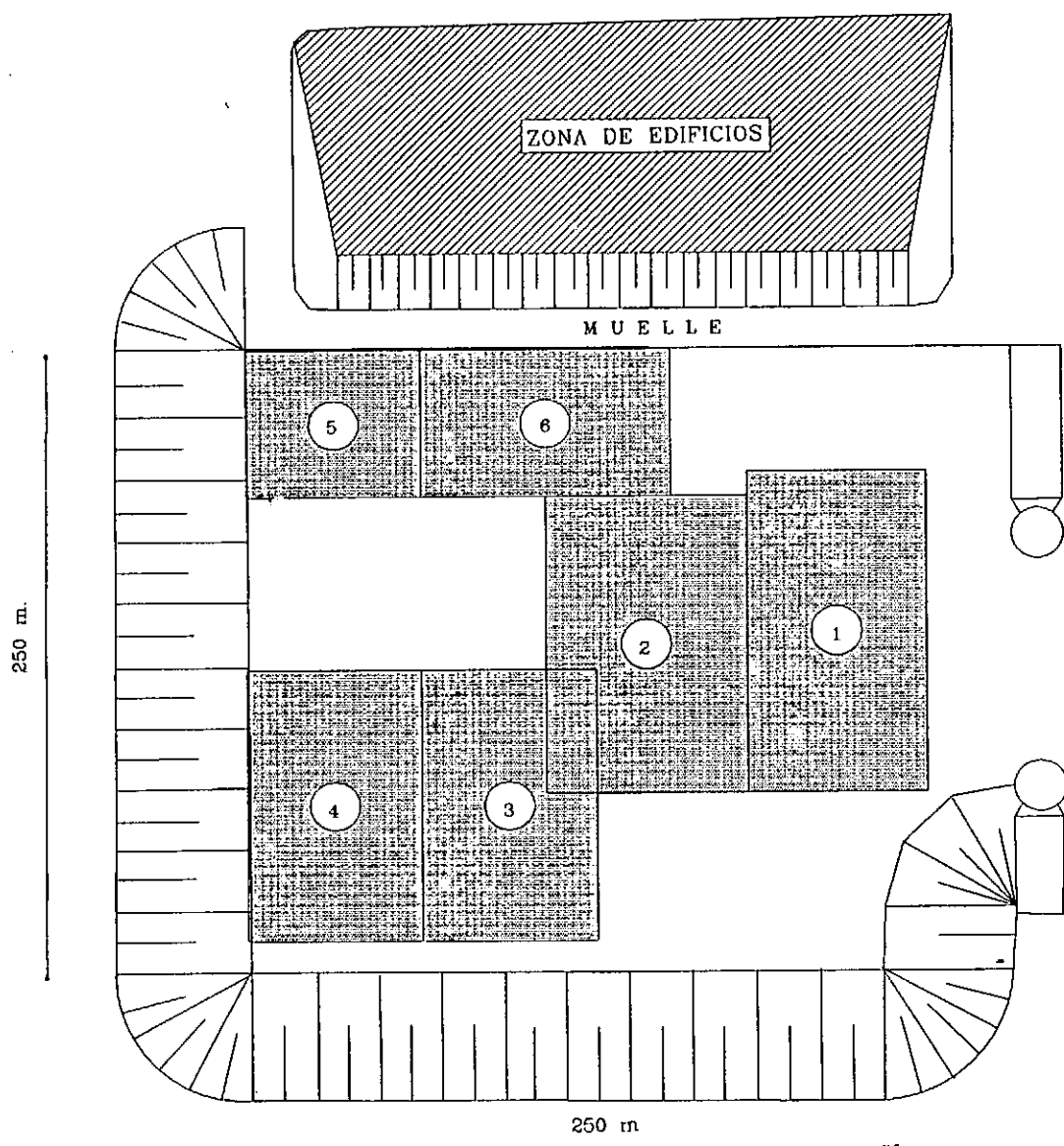
PATRON DE AGITACION PARA  $T = 12$  SEGUNDOS Y  $K_a = 0.35$ .

Figura 5.9



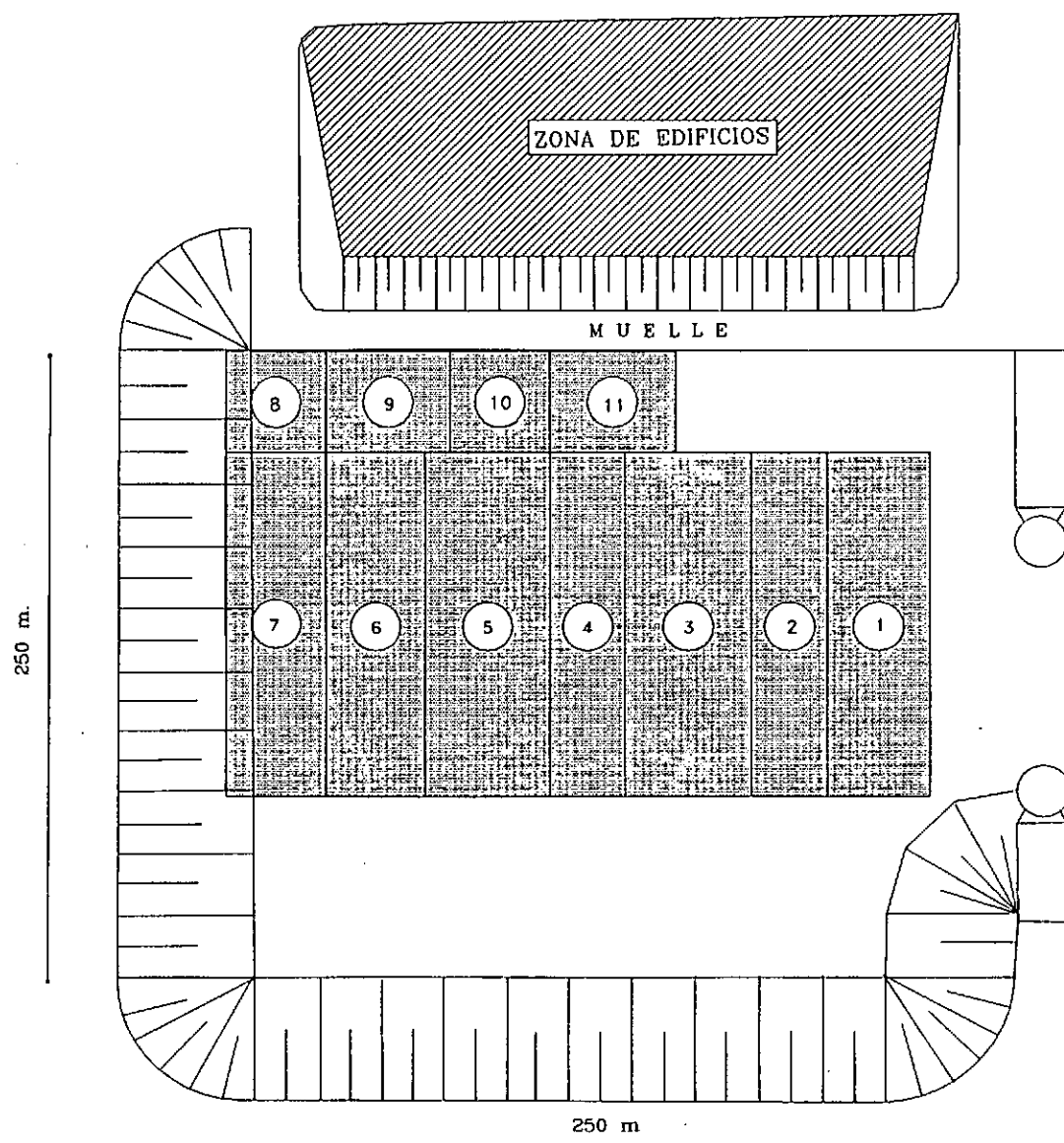
PATRON DE AGITACION PARA  $T = 8$  SEGUNDOS Y  $K_a = 0.35$ .

Figura 5.10



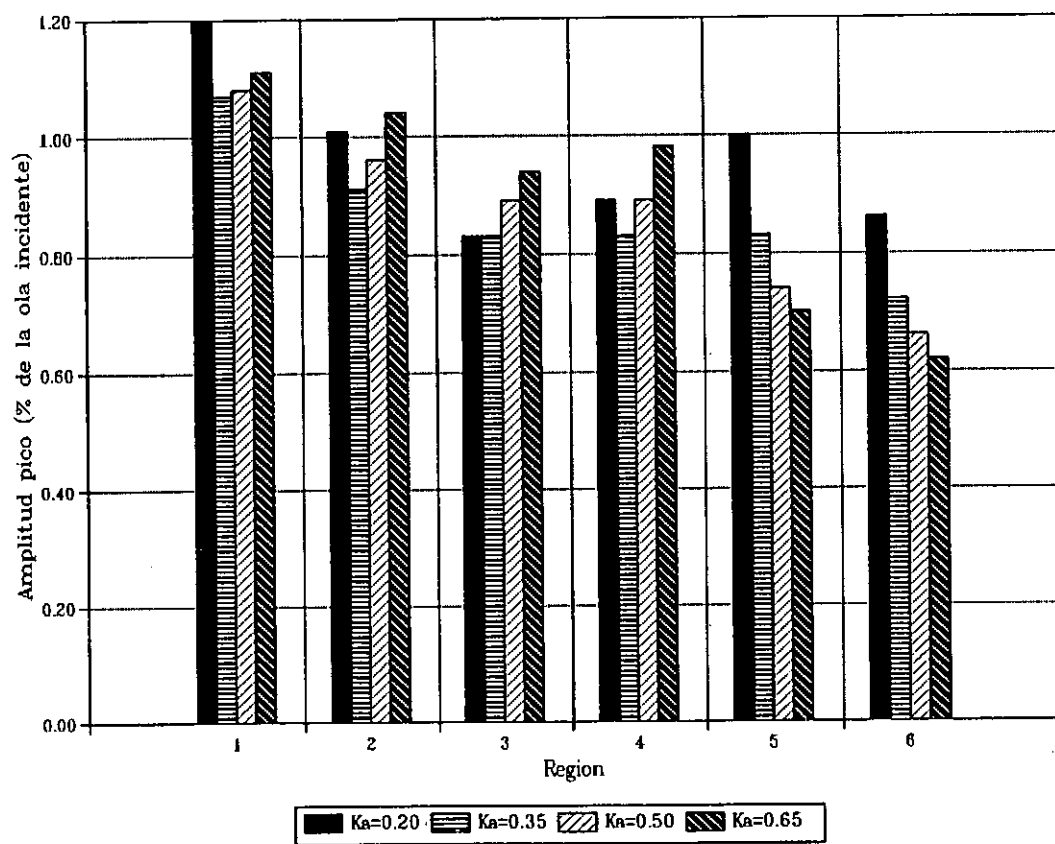
REGIONES DE MAXIMA AMPLITUD DE OLA. T= 12 SEGUNDOS.

Figura 5.11



REGIONES DE MAXIMA AMPLITUD DE OLA. T= 8 SEGUNDOS.

Figura 5.12

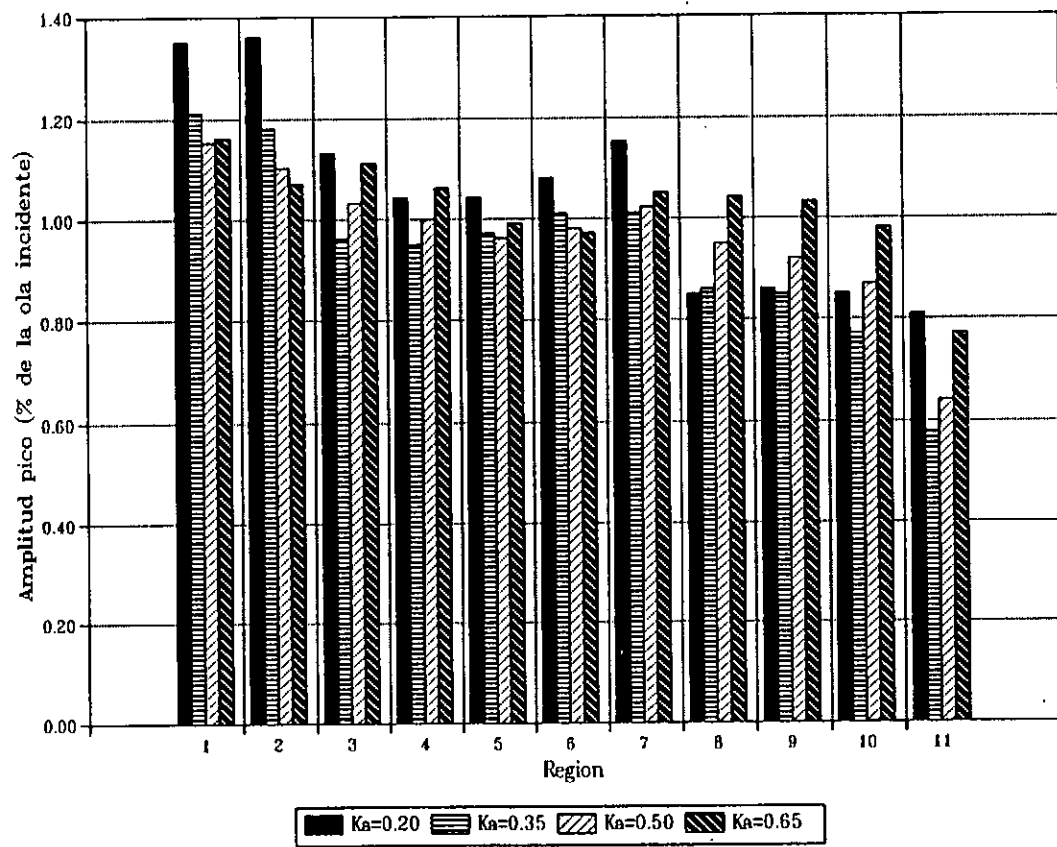


AMPLITUDES PICO POR REGION.

T = 12 SEGUNDOS. PLEAMAR.

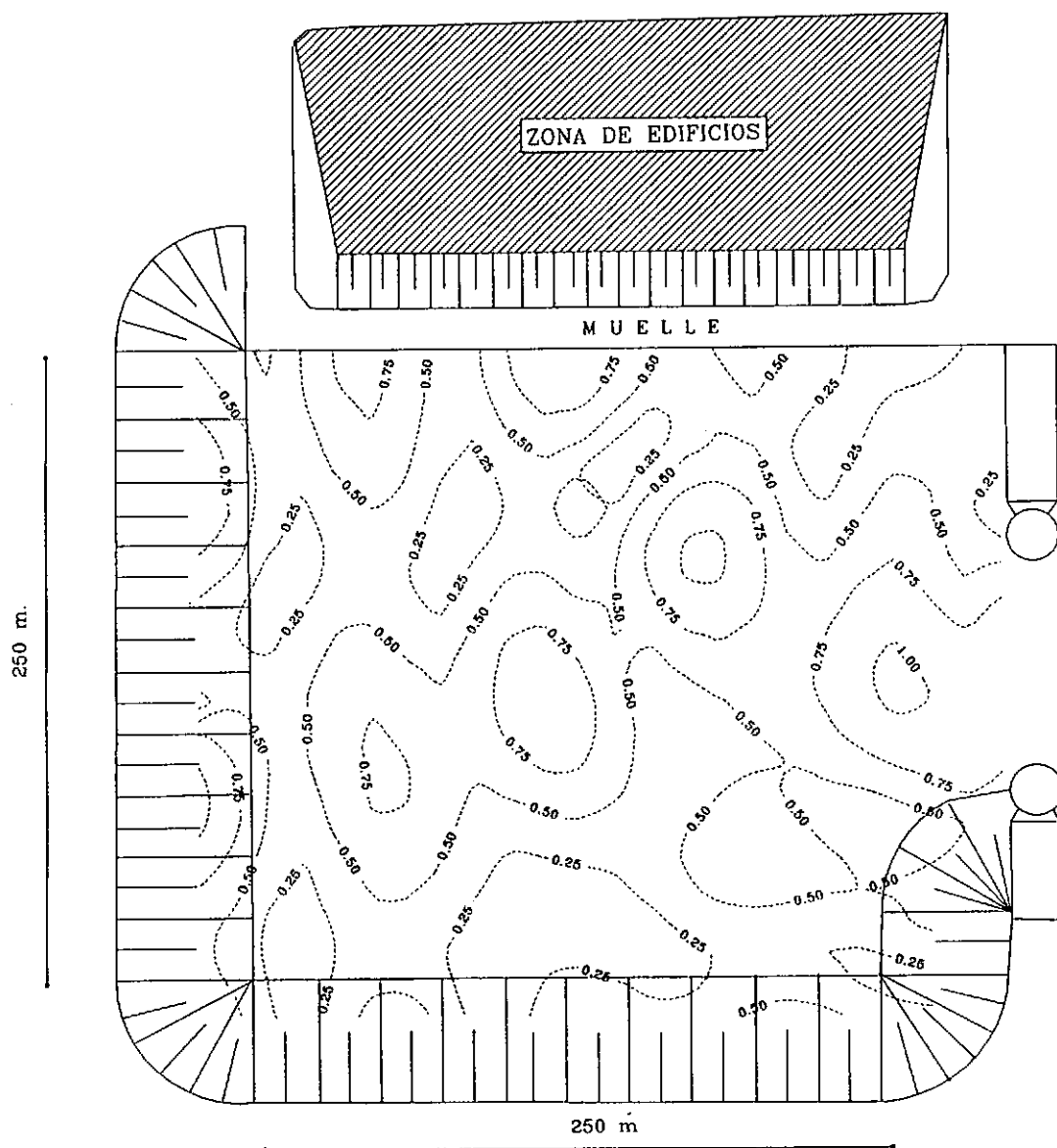
Figura 5.13





AMPLITUDES PICO POR REGION.  
T = 8 SEGUNDOS. PLEAMAR.

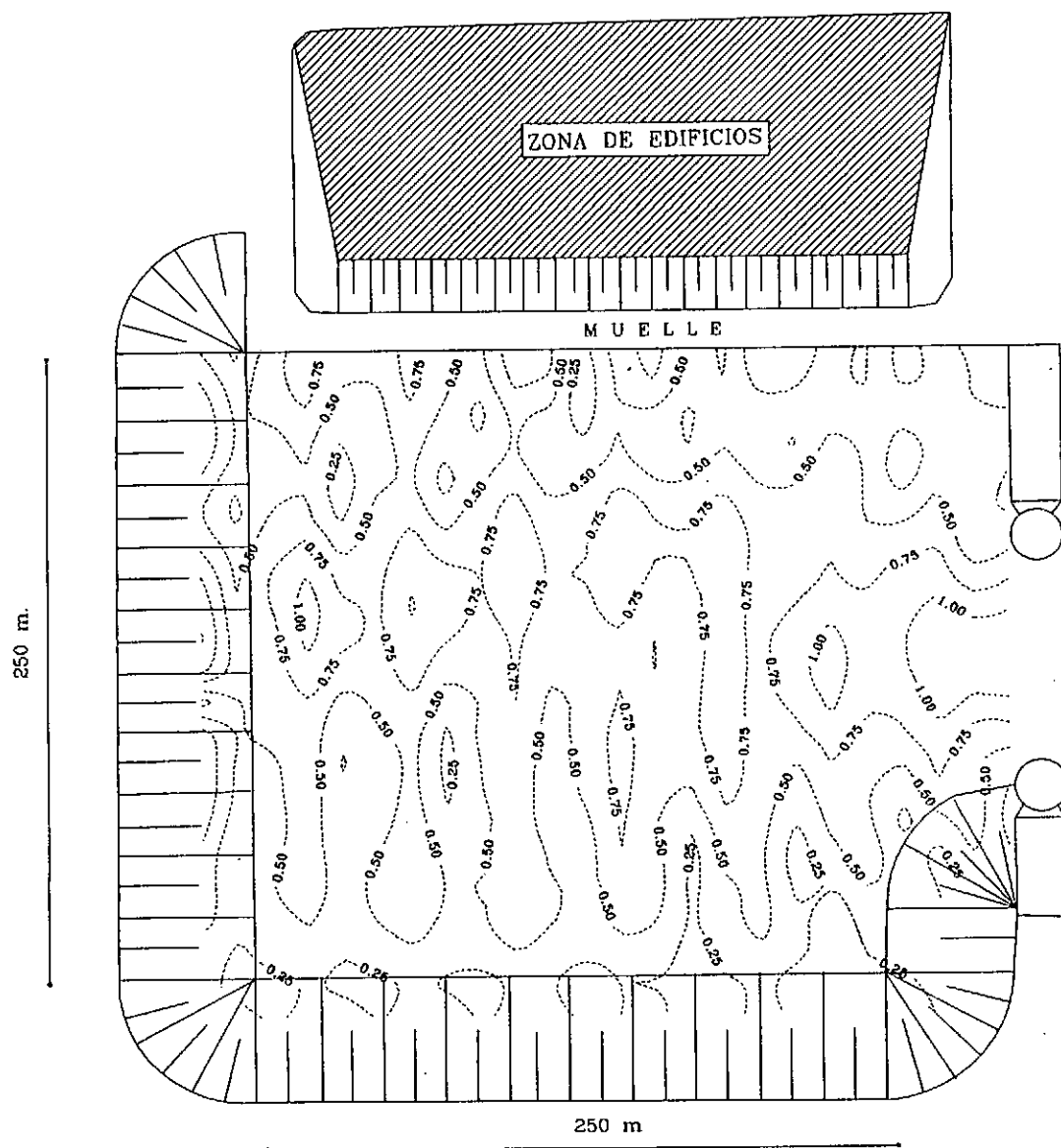
Figura 5,14



Marea Intermedia

PATRON DE AGITACION PARA  $T = 12$  SEGUNDOS Y  $K_a = 0.35$ .

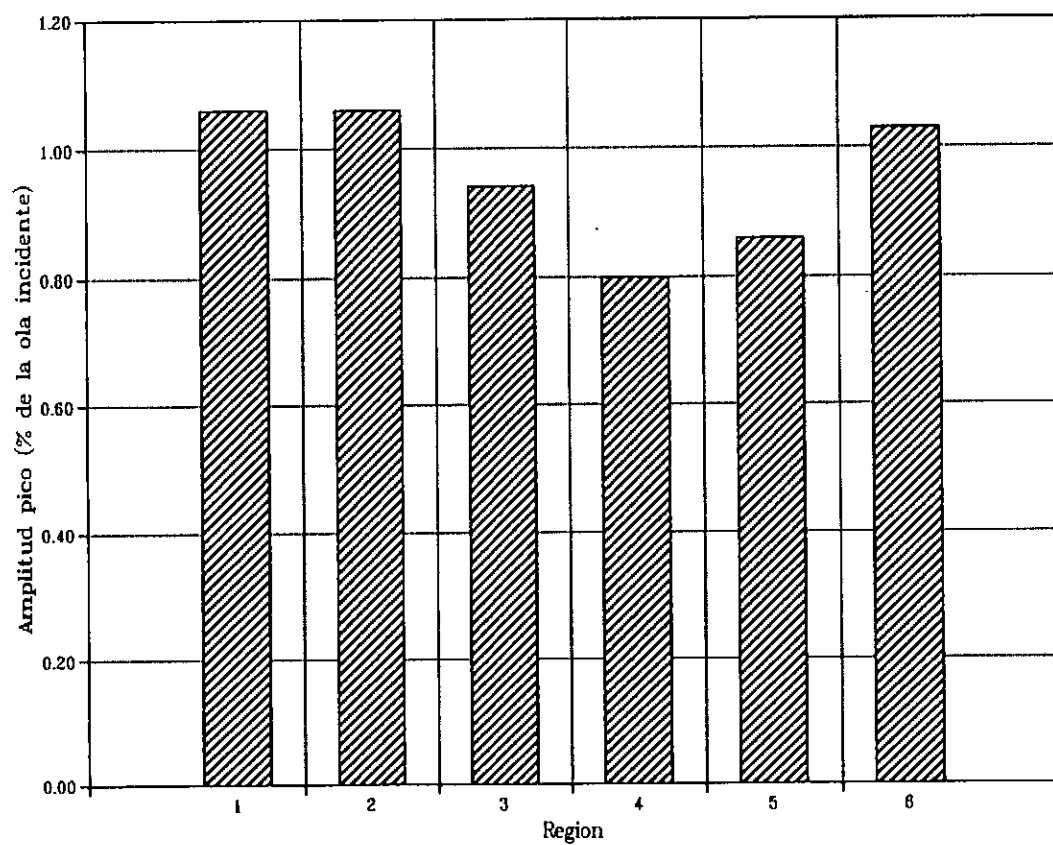
Figura 5.15



Marea Intermedia

PATRON DE AGITACION PARA  $T = 8$  SEGUNDOS Y  $K_a = 0.35$ .

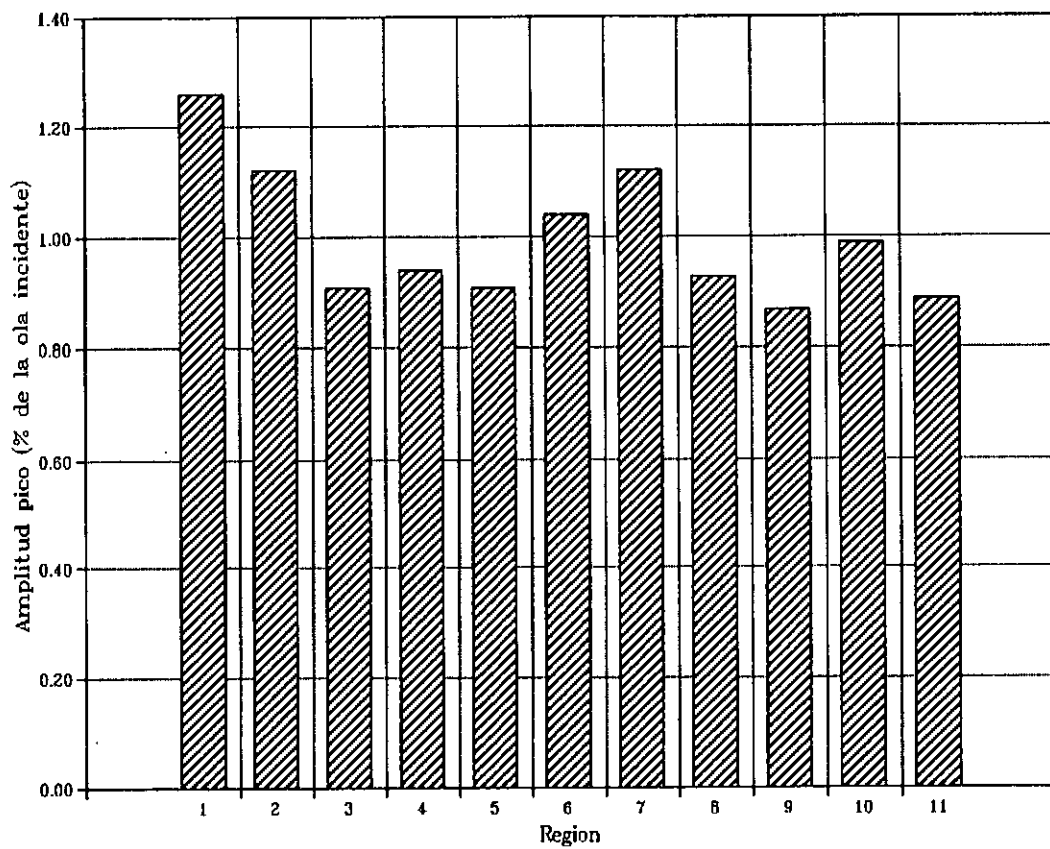
Figura 5.16



AMPLITUDES PICO POR REGIÓN.

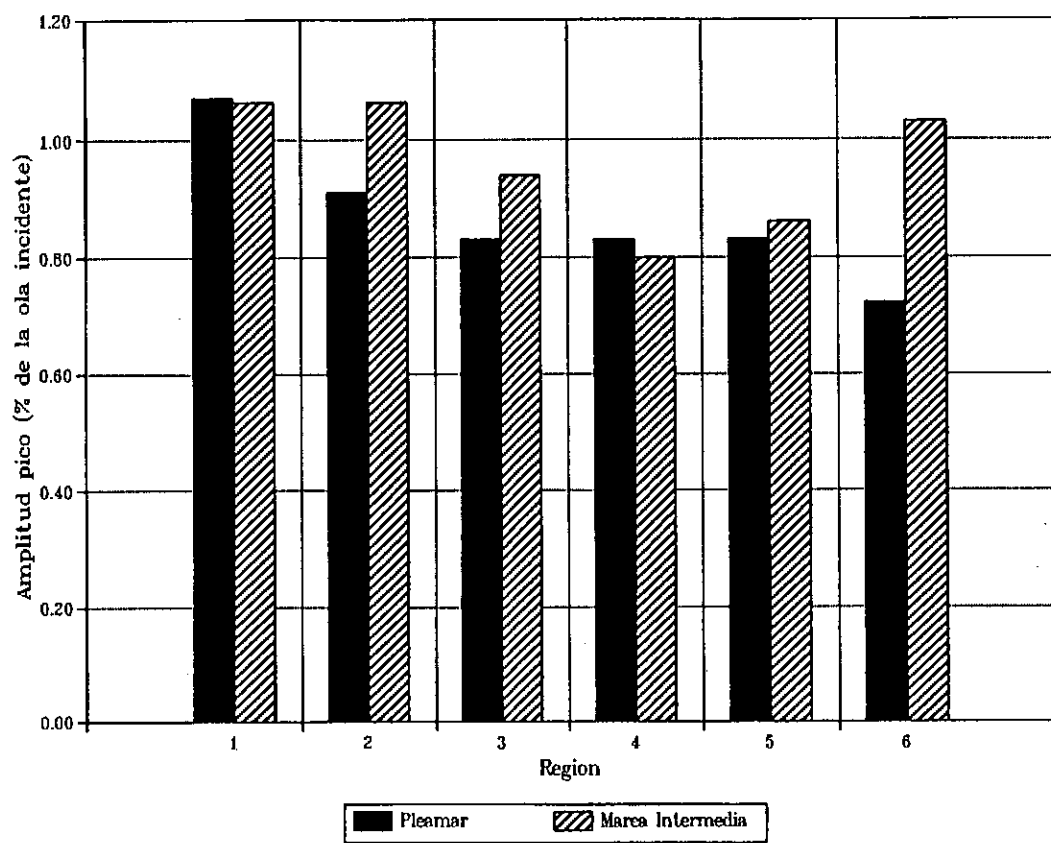
T = 12 SEGUNDOS. MAREA INTERMEDIA.

Figura 5.17



AMPLITUDES PICO POR REGION.  
T = 8 SEGUNDOS. MAREA INTERMEDIA.

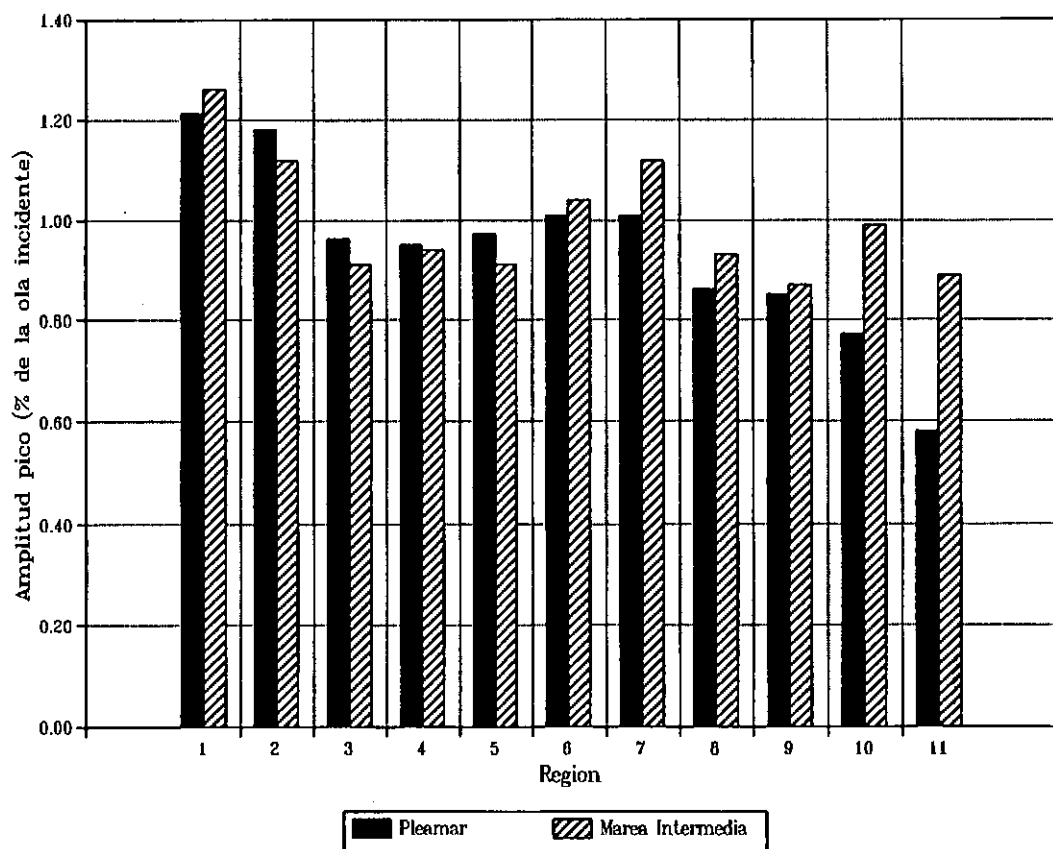
Figura 5,18



AMPLITUDES PICO POR REGION.

T = 12 SEGUNDOS Y Ka = 0.35.

Figura 5.19



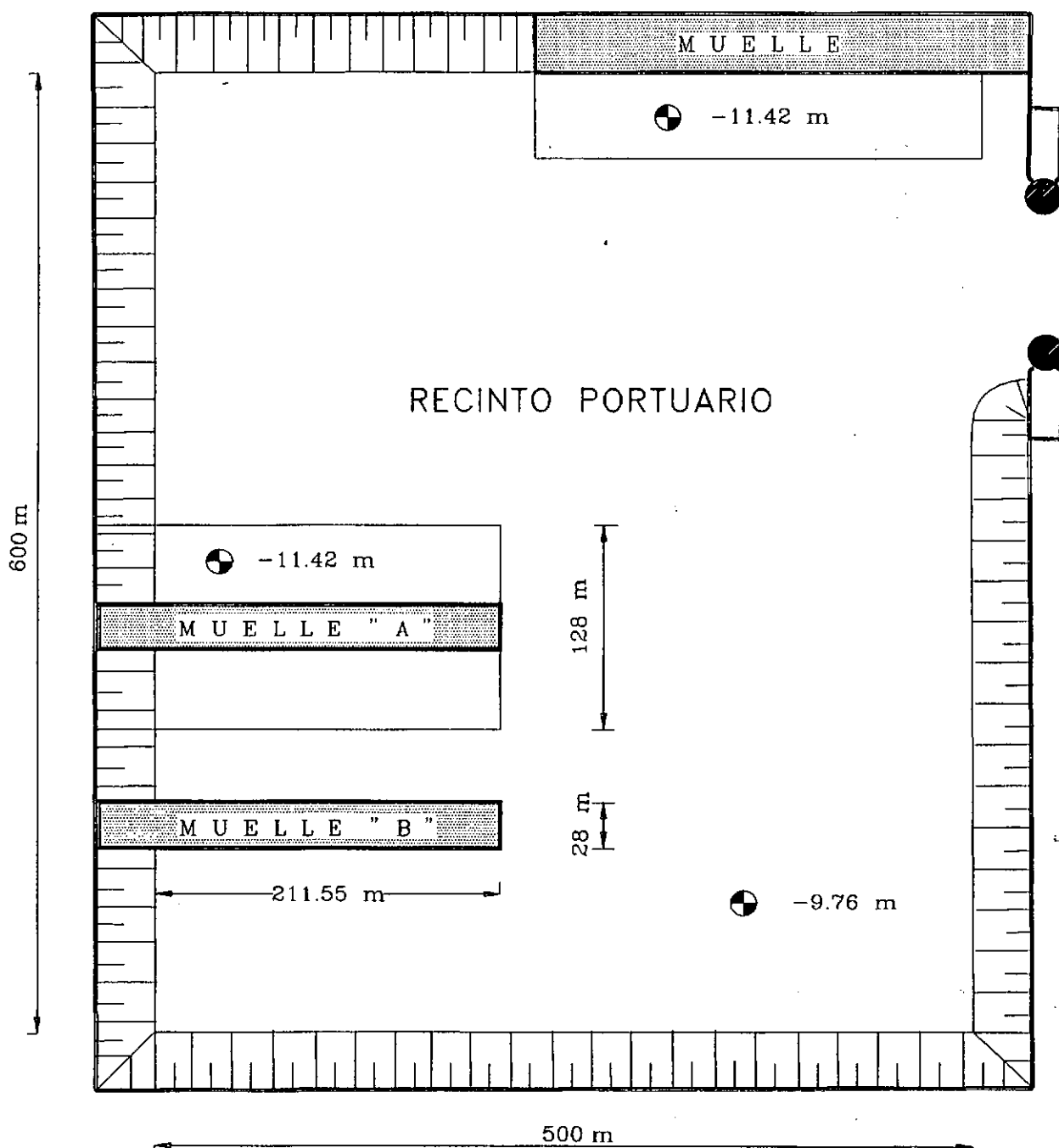
AMPLITUDES PICO POR REGION.

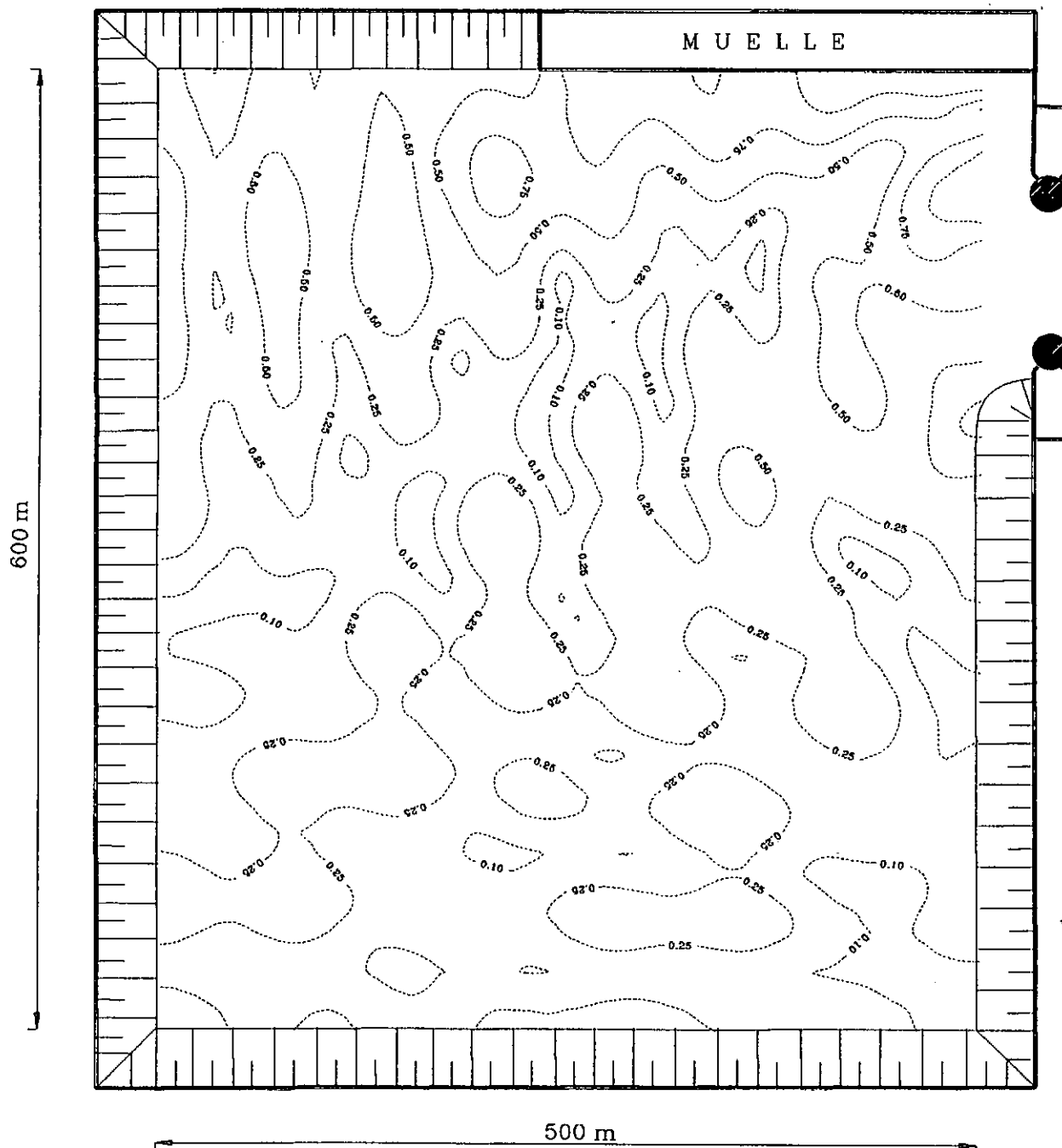
T = 8 SEGUNDOS Y Ka = 0.35.

Figura 5.20

# PUERTO FASE II

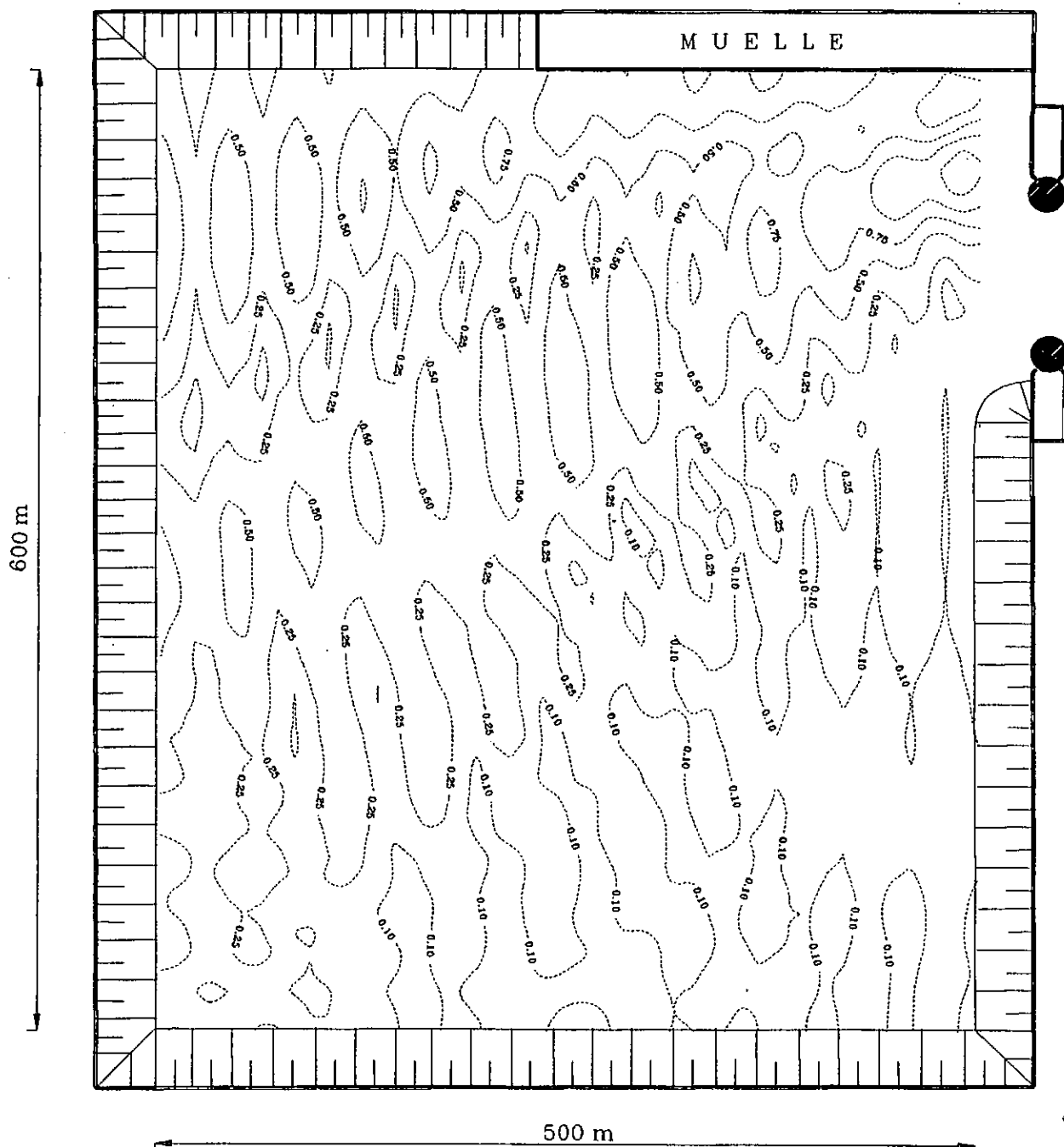






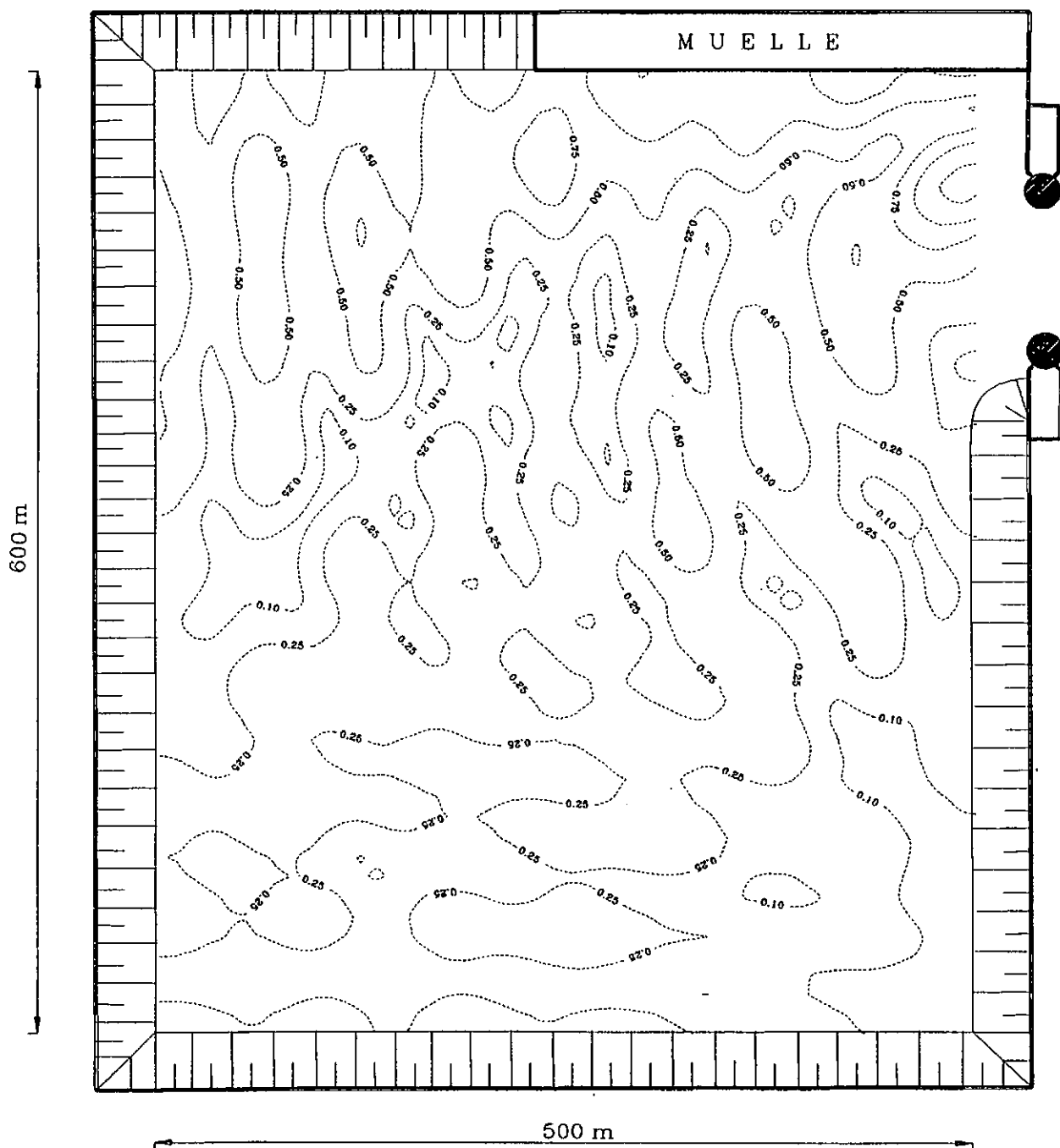
PATRON DE AGITACION PARA  $T = 12$  SEGUNDOS Y  $Ka = 0.35$ .

Figura 6,2



PATRON DE AGITACION PARA  $T = 8$  SEGUNDOS Y  $Ka = 0.35$ .

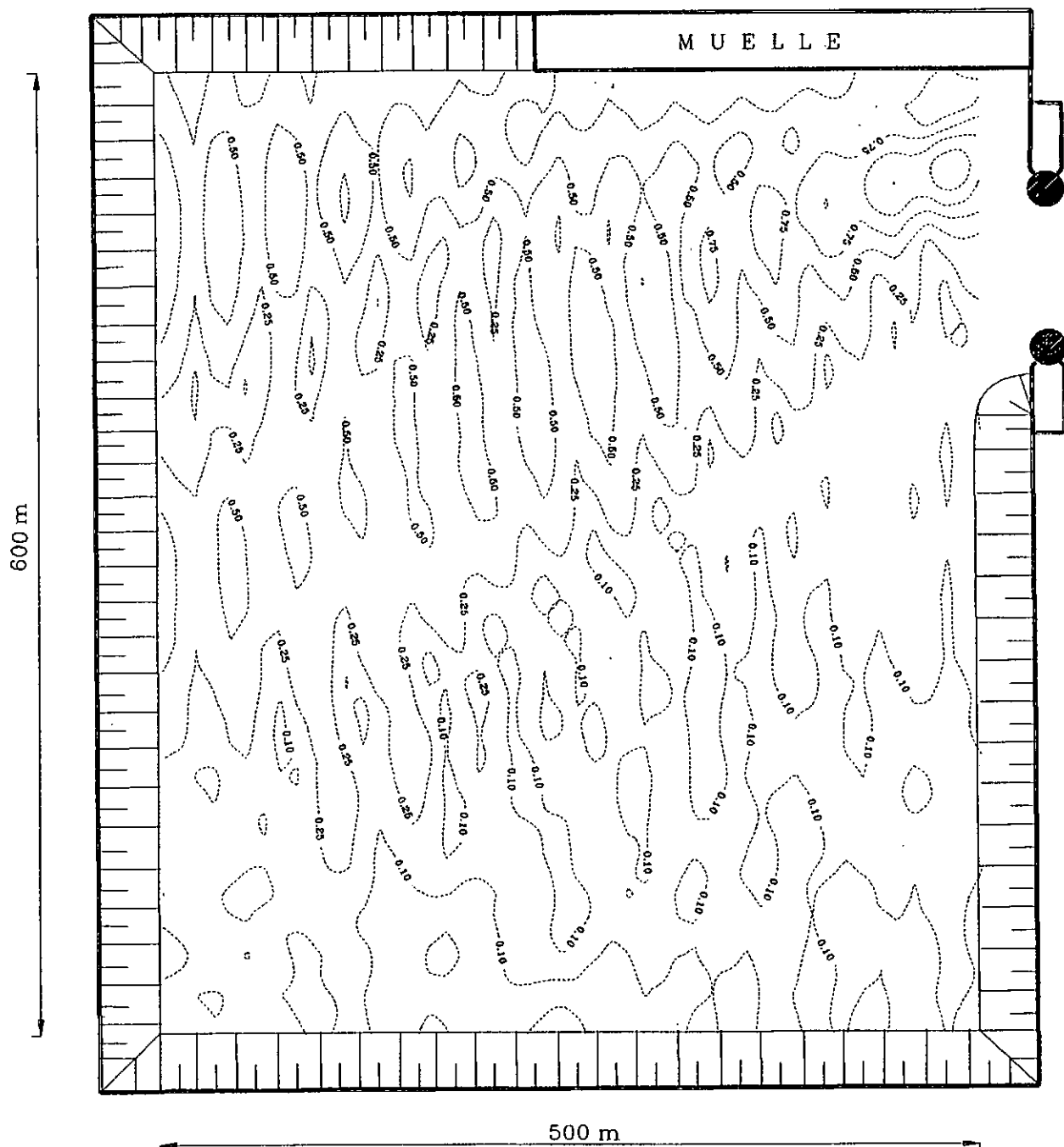
Figura 6.3



MAREA INTERMEDIA

PATRON DE AGITACION PARA  $T = 12$  SEGUNDOS Y  $Ka = 0.35$ .

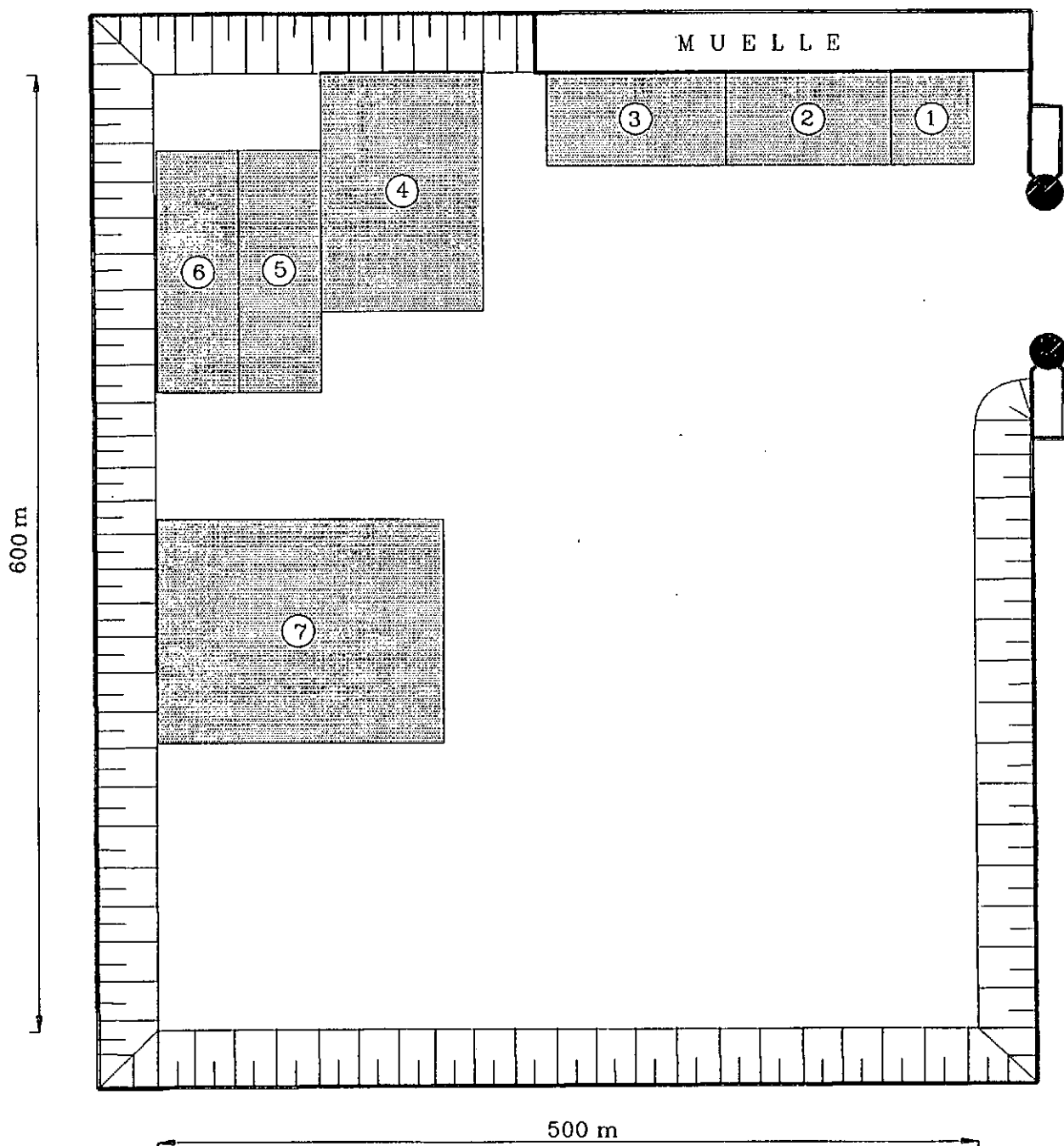
Figura 6.4



MAREA INTERMEDIA

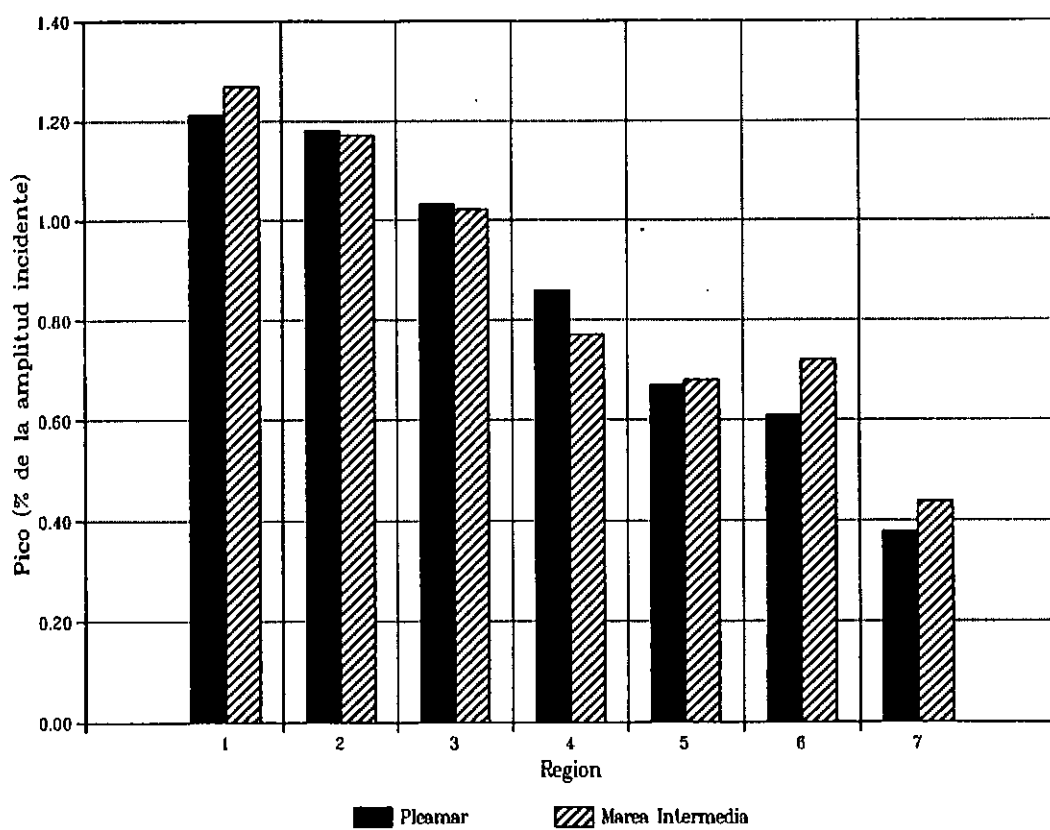
PATRON DE AGITACION PARA  $T = 8$  SEGUNDOS Y  $K_a = 0.35$ .

Figura 6.5



REGIONES DE MAXIMA AMPLITUD DE OLA.

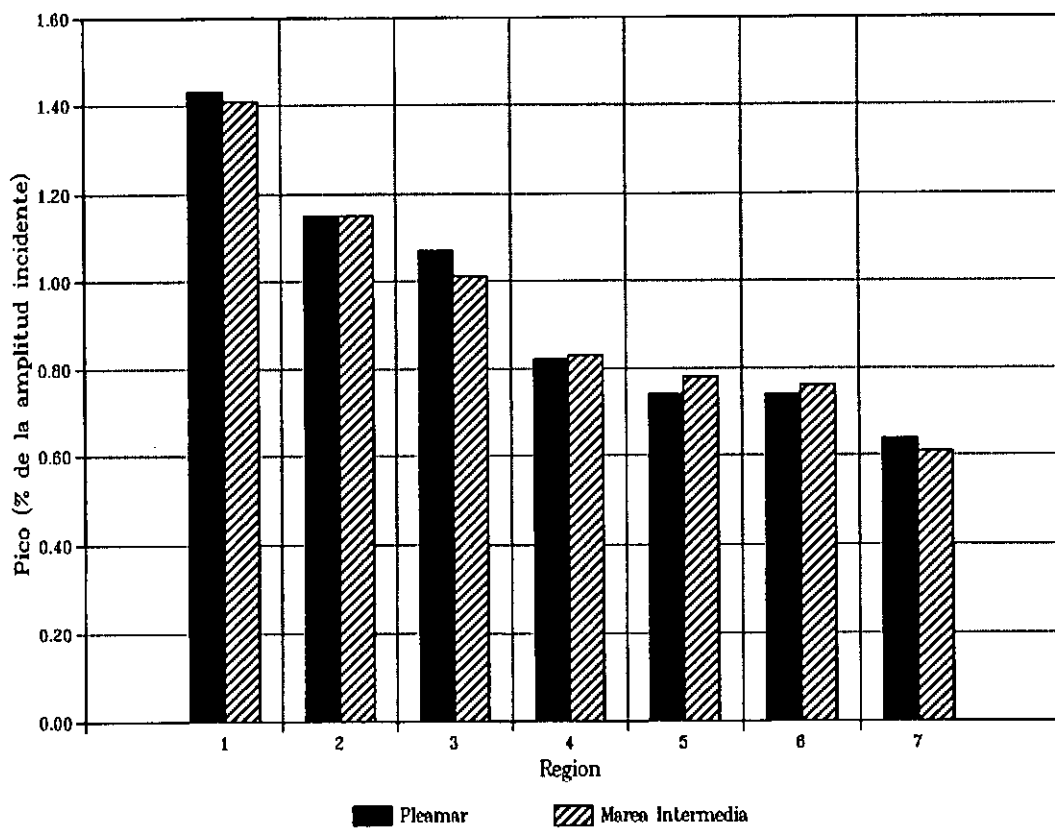
Figura 6.6



AMPLITUDES PICO POR REGION.

T = 12 SEGUNDOS.

Figura 6.7



AMPLITUDES PICO POR REGION.

T = 8 SEGUNDOS.

Figura 6.8