

1. ANTECEDENTES 1

ANEXO I.- ESTUDIO DE ACONDICIONAMIENTO DE LA PLAYA. “PROYECTO DE
ACONDICIONAMIENTO DE LA PLAYA DEL CASTILLO”

1. ANTECEDENTES

Dado que en julio de 2006 se realizó el Proyecto de “Acondicionamiento de la Playa del Castillo”, y que para ello se realizó un minucioso “Estudio de Acondicionamiento de la Playa del Castillo (Caleta de Fuste)”, y la importancia que tiene sobre las obras recogidas en este proyecto el clima marítimo, se incluye, como **Anexo I** a este proyecto el **Anejo Nº1.- Estudio de Acondicionamiento de la Playa**, en el cual se estudia de manera precisa la influencia del viento y del oleaje sobre la nueva planta de la playa (la actual).



ANEXO I. Estudio de Acondicionamiento de la Playa

ANEJO N°1.- ESTUDIO DE ACONDICIONAMIENTO DE LA PLAYA

ANEJO N°1

CLIMA MARÍTIMO Y ESTABILIDAD DE LA PLAYA

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL ESTUDIO.....	1
2.- SUMARIO DEL ESTUDIO.....	2
3.- ENTORNO Y AGENTES ACTUANTES.....	6
3.1.- Introducción.....	6
3.2.- Oleaje exterior.....	7
3.3.- Vientos.....	10
3.4.- Mareas.....	11
3.5.- Propagación del oleaje exterior.....	12
3.6.- Clima marítimo en la zona de estudio	14
4.- ESTABILIDAD ACTUAL DE LA PLAYA.....	16
4.1.- Introducción.....	16
4.2.- Descripción general de la costa.....	16
4.3.- Condiciones de abrigo de la playa.....	17
4.4.- Forma en planta de la playa	18
4.5.- Incidencia de los oleajes en el interior	19
5.- ALTERNATIVAS DE REGENERACIÓN.....	22
5.1.- Introducción.....	22
5.2.- Alternativas de regeneración	22
5.3.- Perfil previsto en la nueva playa.....	23

ANEXOS

ANEXO 1.- DATOS DE OLAJE
ANEXO 2.- PROPAGACIÓN DE LOS OLAJES EXTERIORES
ANEXO 3.- ESTABILIDAD DE LA PLAYA
ANEXO 4.- DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS
ANEXO 5.- HUSO GRANULOMÉTRICO PROPUESTO PARA LA ARENA DE APORTACIÓN

Figuras:

- Figura 1.1 Plano de situación y detalle de la zona de Caleta Fuste.
- Figura 1.2 Carta náutica de la zona de estudio.
- Figura 1.3 Vistas aéreas oblicuas de la playa.
- Figura 1.4 Vista aérea general de Caleta Fuste.
- Figura 3.1 Ubicación del punto WANA 1025013.
- Figura 3.2 Sectores direccionales de procedencia del oleaje escogidos para el análisis.
- Figura 3.3 Ubicación de la boya de Gran Canaria y del punto WANA 1017013.
- Figura 3.4 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a la boya de Gran Canaria.
- Figura 3.5 Rosa de oleaje correspondiente al punto WANA 1017013.
- Figura 3.6 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente al punto WANA 1017013.
- Figura 3.7 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente al punto WANA 1017013.
- Figura 3.8 Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente al punto WANA 1017013.
- Figura 3.9 Representación polar de los datos correspondientes al punto WANA 1017013.
- Figura 3.10 Ubicación de la Boya Sur de Tenerife y del punto WANA 1014011.
- Figura 3.11 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente a la boya de Tenerife Sur.
- Figura 3.12 Rosa de oleaje correspondiente al punto WANA 1014011.
- Figura 3.13 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente al punto WANA 1014011.
- Figura 3.14 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente al punto WANA 1014011.
- Figura 3.15 Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente al punto WANA 1014011.
- Figura 3.16 Representación polar de los datos correspondientes al punto WANA 1014011.
- Figura 3.17 Calibración de datos de clima marítimo. Representación de las alturas de la boya de Gran Canaria y el WANA 1017013. Registros del primer cuadrante.
- Figura 3.18 Calibración de datos de clima marítimo. Representación de las alturas de la boya de Gran Canaria y el WANA 1017013. Registros del sector comprendido entre 23° - 45° .
- Figura 3.19 Calibración de datos de clima marítimo. Representación de los Tp de la boya de Gran Canaria y el WANA 1017013. Registros correspondientes al primer cuadrante.
- Figura 3.20 Calibración de datos de clima marítimo. Representación de los Tp de la boya de Gran Canaria y el WANA 1017013. Registros del sector comprendido entre 23° - 45°.
- Figura 3.21 Calibración de datos de clima marítimo. Representación de las alturas de la boya de Tenerife Sur y el WANA 1014011. Registros del sector comprendido entre 205° y 245°.
- Figura 3.22 Calibración de datos de clima marítimo. Representación de los Tp de la boya de Tenerife Sur y el WANA 1014011. Registros del sector comprendido entre 205° - 245°.

- Figura 3.23 Rosa de oleaje correspondiente al punto WANA 1025013 ajustado según la calibración realizada.
- Figura 3.24 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente al punto WANA 1025013 ajustado según la calibración realizada.
- Figura 3.25 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente al punto WANA 1025013 ajustado según la calibración realizada.
- Figura 3.26 Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente al punto WANA 1025013 ajustado según la calibración realizada.
- Figura 3.27 Representación polar de los datos del punto WANA 1025013 ajustados según la calibración realizada.
- Figura 3.28 Series de distribución Hs-Dirección para diferentes rangos de Tp correspondientes al punto WANA 1025013 ajustado según la calibración realizada.
- Figura 3.29 Rosa de viento y serie de distribución Velocidad-Dirección del viento correspondiente al punto WANA 1025013.
- Figura 3.30 Estadística de rangos de marea en las Islas Canarias.
- Figura 3.31 Estadística de rangos de marea en las Islas Canarias.
- Figura 3.32 Mallas definidas para las simulaciones de oleaje exterior.
- Figura 3.33 Ubicación del punto definido para la obtención de las condiciones de clima marítimo en la zona de estudio.
- Figura 3.34 Rosa de oleaje correspondiente al punto WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio.
- Figura 3.35 Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente al punto WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio.
- Figura 3.36 Serie de distribución Hs-Tp correspondiente al punto WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio.
- Figura 3.37 Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente al punto WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio.
- Figura 3.38 Representación polar de los datos del punto WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio.
- Figura 3.39 Series de distribución Hs-Dirección para diferentes rangos de Tp correspondientes al punto WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio.
- Figura 4.1 Dirección media de la energía incidente en Caleta de Fuste.
- Figura 4.2 Planta de playa actual ajustada a espirales logarítmicas de 26°.
- Figura 4.3 Propagación del oleaje exterior hasta la playa del Castillo. Tp = 9 s. Hs = 2.50 m en el exterior.

ANEJO Nº1

CLIMA MARÍTIMO Y ESTABILIDAD DE LA PLAYA

1.- OBJETO DEL ESTUDIO

Introducción

El objeto del presente trabajo es definir las obras de acondicionamiento de la playa del Castillo, situada en Caleta de Fuste (T.M. de Antigua).

Actualmente, la playa del Castillo presenta un fondo rocoso que ocupa gran parte de su superficie a media marea, lo que dificulta mucho el baño y restringe el área arenosa útil.



Por ello, el objeto del presente trabajo es el siguiente:

- Determinar las condiciones del clima marítimo en la zona y calcular los oleajes que llegan hasta el frente de la Caleta de Fuste.
- Estudiar las condiciones de propagación de oleaje y agitación interior en la cala.

- Determinar las condiciones de equilibrio actuales en planta y perfil de la playa.
- Definir las obras de estabilización necesarias para acondicionar con arena de aportación todo el frente de la cala.
- Estudiar el perfil de equilibrio de la nueva playa y definir el dragado a ejecutar en el fondo rocoso.

Trabajos realizados

Con el objeto de cumplir con los objetivos del trabajo, el estudio se ha desarrollado en las siguientes fases:

- Recopilación de datos, cálculo y calibración del clima marítimo.
- Estudio de Vientos y presión atmosférica.
- Estudio de niveles del mar.
- Propagación del oleaje exterior hasta el frente de Caleta.
- Cálculo del clima marítimo frente a Caleta de Fuste.
- Análisis de la agitación interior en la ensenada.
- Estudio de la estabilidad actual de la playa.
- Diseño de la nueva playa.

Información empleada:

La información utilizada en los trabajos incluidos en el presente anejo ha sido la que se resume a continuación:

- Batimetría actual de la zona proporcionada por INURTEMA.
- Planos y cartografía básica de la zona.
- Fotografías aéreas históricas.

- Visita personal a la zona de estudio.

Desarrollo del informe:

El Epígrafe 2 presenta el sumario del trabajo realizado.

En el Epígrafe 3 se desarrolla el análisis del clima marítimo exterior y los principales agentes actuantes: mareas, oleajes y vientos.

En el Epígrafe 4 se determinan las condiciones actuales de equilibrio en planta y perfil de la playa.

El Epígrafe 5 recoge el diseño de la nueva planta de playa regenerada.

La figura 1.1 presenta el plano de situación de la zona de estudio.

En la figura 1.2 se representa la carta náutica del entorno de Caleta de Fuste.

Las figuras 1.3 y 1.4 muestran diversas fotografías aéreas de la playa del Castillo y su entorno litoral.

2.- SUMARIO DEL ESTUDIO

Clima marítimo local

Se ha realizado una caracterización del oleaje en aguas profundas frente a la costa oriental de la isla de Fuerteventura, partiendo de datos de boyas y de resultados del modelo WANA. El clima marítimo resultante ha sido propagado hasta el frente de la playa hasta obtener el clima marítimo local, a partir del cual se han realizado los estudios de estabilidad de la playa y de diseño de la regeneración. El estudio se ha completado con la revisión de los datos de vientos y mareas en la zona.

Condiciones de estabilidad actual de la playa

Toda la costa en el entorno de Caleta de Fuste es baja y accidentada, con lajas y salientes rocosos. La playa del Castillo presenta una forma en planta sensiblemente circular, habiendo sido formada básicamente por la aportación artificial de sedimentos.

El pie del perfil de playa se apoya sobre un fondo rocoso, que emerge durante la marea baja en casi toda la superficie de la cala.

La planta actual de la playa se ajusta bien a dos espirales logarítmicas teóricas de 26º, con los polos situados en dos puntos de difracción laterales: el morro del dique de abrigo del puerto y el saliente rocoso de la margen sur de la ensenada; ambos salientes configuran, de forma conjunta, la estabilidad lateral actual de los rellenos arenosos que conforman la playa.

La propagación de los principales temporales hacia el interior indica que a la entrada de la ensenada se produce una rotura general del oleaje sobre los bajos existentes, de forma que gran parte de la energía se dispersa en el entorno, penetrando hasta la ensenada una altura de ola muy reducida. La mayor altura de ola se produce en el sector suroeste de la playa, disminuyendo gradualmente su valor hacia el noroeste de la playa.

Alternativas de regeneración

Basándose en la forma en planta de la playa actual, se han definido dos alternativas para la nueva planta de equilibrio, las cuales han sido trazadas empleando espirales logarítmicas de ángulo característico 26º, con los polos situados en los puntos de difracción laterales.

La Alternativa 1 supone la construcción de un espigón de abrigo que reduzca la agitación en el sector suroeste de la playa y permita así ganar anchura de playa en la zona donde ésta es menor. A pesar de que la obra puede ser diseñada a baja cota, comportará un impacto visual muy relevante.

La Alternativa 2 no incluye ninguna obra de defensa adicional en la playa, y se limita a un relleno general de la misma, acompañado de un dragado de la laja rocosa que permita el desarrollo de un perfil activo de playa.

Finalmente, se ha analizado la forma de equilibrio del perfil de playa, en función de las características granulométricas de la arena de aportación seleccionada.

3.-ENTORNO Y AGENTES ACTUANTES

3.1.- Introducción

La caracterización del oleaje en aguas profundas se ha realizado tomando como base la información facilitada por el Departamento de Clima Marítimo de Puertos del Estado, correspondiente tanto a la Red de Boyas de aguas profundas, como a la Red WANA.

El modelo WAM de generación de oleaje (WAMDI, 1988), en su versión 4 (Günther et al., 1991), integra la ecuación básica de transporte. Esta ecuación describe la evolución de un espectro bidimensional de energía de oleaje con respecto a la frecuencia y dirección sin hacer ninguna presunción inicial sobre la forma del espectro.

Este modelo fue desarrollado por un amplio grupo de investigadores de diferentes institutos (grupo WAMDI), siguiendo las recomendaciones derivadas del proyecto "Sea Wave Modeling Project" (grupo SWAMP, 1985). Uno de los objetivos del grupo fue montar y poner en servicio rutinario una aplicación global del modelo en el Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (ECMWF), lo que se consiguió en 1992.

Basado en los trabajos anteriores, se ha desarrollado una aplicación para la costa española. La malla del modelo de oleaje define la Costa Atlántica Española con una resolución de un cuarto de grado (dimensiones de 0.25° x 0.25°), y la Costa Mediterránea con un octavo de grado; por lo tanto, los datos producidos cerca de la costa ya tienen en cuenta apantallamientos del oleaje por la costa (aunque con la limitación de esta resolución).

La información producida por el modelo para cada punto de malla es el espectro direccional de energía de oleaje, de donde se puede extraer gran cantidad de información, como por ejemplo los parámetros Hs, Tp, Tm, dirección media, componentes de mar de viento, de mar de fondo y otros.

Diversas comprobaciones realizadas por la empresa HIDTMA en sus últimos estudios, han demostrado una calidad muy elevada de los datos aportados por los puntos de cálculo WANA, tanto en lo referente a oleajes medios como extremales.

3.2.- Oleaje exterior

Datos de clima marítimo

Para realizar el análisis de datos de clima marítimo, se procede previamente a la calibración de los mismos, tomando como base diferentes fuentes.

En la costa este de la isla de Fuerteventura, donde se encuentra la zona de estudio, no hay ninguna boya que proporcione registros reales de medida del oleaje, por lo que se han tomado como base para la calibración la Boya de Gran Canaria y la Boya de Tenerife Sur, junto con los puntos WANA más cercanos a cada una de ellas, con el fin de comparar los datos de ambas fuentes y obtener en el análisis una tendencia en los registros correspondientes.

La figura 3.1 muestra la ubicación del punto WANA1025013 que es el más cercano a la zona de estudio. Según puede observarse en la figura 3.2, los oleajes que recibe este WANA se encuentran limitados a los sectores que se indican, debido a que se trata de una zona protegida en gran parte por la costa de África, y por la propia isla de Fuerteventura.

Para realizar la calibración de los datos correspondientes a los oleajes procedentes del sector 23º-45º se toma como base la Boya de Gran Canaria, y la comparación de los registros de ésta con el punto WANA más cercano a la misma. Por lo que se refiere a los oleajes del sector sur, se toma como referencia para la calibración la Boya de Tenerife Sur.

Datos procedentes de la Boya de Gran Canaria y el punto WANA1017013

Al oeste de la isla de Gran Canaria se encuentra la Boya de Gran Canaria, perteneciente a la red de aguas profundas. Se trata de una boya RAYO fondeada a una profundidad de 780 m con periodo de cobertura desde junio de 1997 hasta la actualidad, disponiendo de un sensor de oleaje direccional desde enero de 2004. Los datos que registra son alturas y periodos de oleaje con una frecuencia de 3 horas, proporcionando además direcciones desde la instalación del nuevo sensor. Sin embargo, dado el poco tiempo que lleva funcionando el sensor direccional, no se han introducido en la estadística los registros de dirección del oleaje.

El interés radica en que cuenta con datos de medición real de oleaje, de modo que puede utilizarse para realizar la calibración de los datos WANA, producto de una modelización numérica. Para dicha calibración se comparan los datos de la Boya de Gran Canaria con datos del punto WANA 1017013 (punto de la Red WANA más cercano a la boya). La ubicación de las dos fuentes de datos mencionadas se recoge en la figura 3.3.

La figura 3.4 recoge la serie de distribución Hs-Tp correspondiente a los datos de la Boya de Gran Canaria. Las figuras 3.5 a 3.9 muestran la rosa de oleaje y las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección correspondientes al punto WANA 1017013, así como la representación polar de los mismos.

Datos procedentes de la Boya de Tenerife Sur y el punto WANA1014011

Al sur de la isla de Tenerife se encuentra la Boya de Tenerife Sur, perteneciente a la red de aguas profundas. Se trata de una boya RAYO fondeada a una profundidad de 710 m con periodo de cobertura desde abril de 1998 hasta la actualidad, disponiendo de un sensor de oleaje direccional desde enero de 2004. Los datos que registra son alturas y periodos de oleaje con una frecuencia de 3 horas, proporcionando además direcciones desde la instalación del nuevo sensor pero, al igual que la Boya de Gran Canaria, dado el poco tiempo

de funcionamiento del sensor direccional, no se han introducido en la estadística los registros de dirección del oleaje.

Para el análisis de calibración se comparan los datos de la Boya de Tenerife Sur con datos del punto WANA 1014011. La ubicación de las dos fuentes de datos mencionadas se indica en la figura 3.10.

La figura 3.11 recoge la serie de distribución Hs-Tp correspondiente a los datos de la boya. Las figuras 3.12 a 3.16 muestran la rosa de oleaje y las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección correspondientes al punto WANA 1014011, así como la representación polar de los mismos.

Calibración de los datos

El objeto de la calibración es obtener la ecuación que relaciona los datos reales registrados por una boya, con los datos de los puntos WANA, obtenidos por modelización numérica.

En primer lugar se toman los datos de la Boya de Gran Canaria y del punto WANA 1017013 correspondientes a los oleajes del primer cuadrante, que es el que comprende el sector de mayor importancia para el WANA seleccionado en la zona de estudio. Se analizan las alturas significantes correspondientes a ambas fuentes de datos, y se representan según se indica en el gráfico de la figura 3.17.

Se analizan también las alturas significantes de los oleajes del sector 23°-45° en la Boya de Gran Canaria y el punto WANA 1017013. El gráfico resultante se representa en la figura 3.18.

Dada la similitud en los ajustes lineales obtenidos en ambos casos, se escoge para la calibración del punto WANA de la zona de estudio la correspondiente al sector de oleajes 23°-45°, ya que se corresponde mejor con los que recoge el WANA de la zona de estudio.

Se procede del mismo modo para los registros del periodo de pico. Las figuras 3.19 y 3.20 recogen los gráficos obtenidos en la representación de datos del primer cuadrante y del sector de interés para la zona de estudio respectivamente.

Para la calibración de este parámetro, se escoge el ajuste resultante de la comparación de registros del sector 23°-45°, ya que de este modo se obtienen datos

más extremos, aplicándose un criterio más conservativo y quedando así del lado de la seguridad en las estimaciones posteriores.

Se toman asimismo los datos de la Boya de Tenerife Sur y el punto WANA 1014011, y se representan los datos de altura significativa de ambas fuentes para el sector 205°-245°. Se procede de igual modo para los datos del periodo de pico. Los gráficos correspondientes a estos análisis se recogen en las figuras 3.21 y 3.22. Según puede observarse, el número de registros del sector de interés en este caso, es mucho menor que en el caso analizado tomando como base la Boya de Gran Canaria. Debido a que la estadística obtenida con los datos de la Boya de Gran Canaria se ha realizado con un número más elevado de registros y a que las rectas de ajuste que se obtienen en la calibración según los datos de la Boya de Tenerife Sur suponen el establecimiento de condiciones menos extremas, se consideran únicamente las rectas de calibración correspondientes a la Boya de Gran Canaria, siguiendo de este modo un criterio más conservativo que asegure que los análisis posteriores quedan del lado de la seguridad, tal y como se ha indicado anteriormente.

Las expresiones que relacionan los datos del punto WANA y de la boya se resumen en las siguientes ecuaciones:

$$Hs_{\text{boya}} = 1.01 * Hs_{\text{wana}}$$

$$Tp_{\text{boya}} = Tp_{\text{wana}}$$

Estas ecuaciones pueden aplicarse a los datos correspondientes al punto WANA de la zona de estudio, lo que permite corregir los datos del registro y obtener valores más ajustados a lo que sería una medición real con una boya.

Régimen medio direccional exterior

De acuerdo con lo explicado anteriormente, el régimen medio direccional se ha obtenido a partir de los datos del punto WANA 1025013, que se trata del punto de la red WANA más cercano a la zona de estudio.

A este registro se le aplica la función de transformación indicada para los valores de Hs, con el objeto de obtener el ajuste de los datos.

En las figuras 3.23 a 3.27 se recogen la rosa de oleaje, las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección correspondientes a los datos WANA ajustados según la calibración realizada, así como la representación polar de los mismos.

<div>Ministerio de Medio Ambiente Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad Dirección General de Costas</div>	<div>Complementación y Actualización del Proyecto: "Acondicionamiento de la Playa del Castillo"</div> <div>La figura 3.28 recoge la representación de Hs-Dirección para diferentes rangos del periodo de pico.</div> <div>3.3.- Vientos</div> <div>Metodología</div> <div>Para la determinación del régimen direccional de vientos en la zona de estudio se dispone como fuente principal de datos de la salida del modelo WAM, descrito anteriormente para los datos de oleaje.</div> <div>Según se ha comprobado en los estudios realizados mediante los resultados de este modelo, los datos proporcionados por los puntos de cálculo WANA son de una calidad muy elevada, principalmente en lo referente a oleajes medios. Además, la red de puntos WANA es muy tupida y, por tanto, la que suele proporcionar la mayor aproximación a todas las zonas de estudio de la costa española.</div> <div>Por ello, ésta ha sido la fuente básica a partir de la que se ha calculado el régimen medio de vientos de la zona de estudio.</div> <div>El punto WANA utilizado para la obtención de datos de oleaje aporta también datos de velocidad y dirección del viento con registros cada 3 horas. La figura 3.29 recoge la rosa de vientos correspondiente al punto WANA 1025013, junto con la serie de distribución Velocidad-Dirección del viento.</div> <div>El viento indicado en la tabla anterior es el viento medio registrado en el modelo WANA, el cual puede asimilarse a la llamada Velocidad Básica del viento (Vb) o viento de referencia, que corresponde a la velocidad media del viento en un intervalo de 10 minutos medida, a 10 m de altura en la superficie del mar o en campo abierto.</div> <div>La velocidad máxima de viento a una altura z o velocidad de ráfaga asociada a diferentes duraciones t y a diferentes varianzas de la velocidad de fluctuación (Vv.t max (z).) puede asimilarse a:</div> <div>Vv.t max (z) = Vb.FA.FT.FR</div> <div>siendo:</div> <div>Vb: Velocidad básica del viento.</div> <div>INURTEMA, S.L.</div>	<div>Ministerio de Medio Ambiente Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad Dirección General de Costas</div>	<div>Complementación y Actualización del Proyecto: "Acondicionamiento de la Playa del Castillo"</div> <div>FA: Factor de altura y rugosidad superficial.</div> <div>FT: Factor topográfico.</div> <div>FR Factor de ráfaga.</div> <div>3.4.- Mareas</div> <div>De acuerdo con el número norma de las mareas en Canarias (relación entre las componentes diurnas principales y las semidiurnas principales), el régimen de marea astronómica para los niveles alrededor de las islas tiene un carácter típicamente semidiurno. La componente principal M2 tiene una amplitud de 76 cm en Las Palmas.</div> <div>Para el análisis de las estadísticas de rangos y niveles de marea en las Islas Canarias se ha realizado un cálculo de la curva de marea a lo largo del periodo enero 1980-diciembre 2000; esta curva de marea ha sido calculada a partir de las componentes armónicas de marea correspondientes al Puerto de Las Palmas (Método IOS).</div> <div>Rango de marea</div> <div>La figura 3.30 presenta la probabilidad de presentación de rangos de marea en las Islas Canarias. En ella se aprecian los siguientes valores medios y extremos:</div> <div><ul style="list-style-type: none">• Rango máximo: 2.76 m• Rango mínimo: 0.36 m• Rango medio: 1.60 m</div> <div>Empleando estadísticas de registros de marea en el Puerto de Las Palmas, los valores representativos de los rangos de marea son los siguientes:</div> <div><ul style="list-style-type: none">• Rango máximo: 2.83 m• Rango mínimo: 0.70 m• Rango medio: 1.61 m</div> <div>La marea astronómica correspondiente a los periodos de mareas máximas anuales, que tienen lugar durante los meses de marzo y septiembre –mareas vivas equinocciales-, pueden llegar a registrar rangos de marea próximos a los 3 metros.</div> <div>INURTEMA, S.L.</div>
<div></div>	<div>Anejo nº1.- Clima Marítimo y Estabilidad de la Playa</div> <div>Página 9</div>	<div></div>	<div>Anejo nº1.- Clima Marítimo y Estabilidad de la Playa</div> <div>Página 10</div>

Estadística de Niveles medios

A partir de las curvas de marea calculadas mediante las componentes armónicas, se ha realizado la estadística de niveles medios del mar instantáneos que se representa en la figura 3.31.

El nivel medio máximo de marea astronómica calculado para el Puerto de Las Palmas es de 2.81 m, mientras que el mínimo es de 0.06 m. Los valores más frecuentes son 0.98 m y 1.86 m de nivel medio.

3.5.- Propagación del oleaje exterior

Metodología

Para analizar la propagación del oleaje exterior hasta la zona de interés se ha empleado el modelo matemático MIKE-21 NS, cuyas características fundamentales se describen a continuación.

- El modelo propaga un espectro de oleaje irregular y direccional.
- Las propagaciones incluyen la refracción, shoaling, rozamiento y rotura.
- La propagación se realiza sobre una malla rectangular.

Los datos de entrada al modelo son:

- Altura significativa del oleaje (Hs).
- Periodo medio (Tm).
- Dirección media del oleaje (MWD).
- Desviación máxima del espectro direccional con respecto a la dirección media (DWD).
- Coeficiente de "spreading" (S) del oleaje.

El modelo proporciona los valores de los cuatro primeros parámetros en toda la zona modelizada y permite la inclusión de generación de oleaje por acción del viento.

En el Anejo 4 – Descripción de los modelos matemáticos se puede encontrar una descripción técnica detallada de las características del modelo de propagación empleado.

Aunque este modelo no considera la difracción, el hecho de considerar una distribución direccional del oleaje hace que, en cierta medida, los resultados del modelo puedan asimilarse a otro que considera la difracción pero no considera oleaje direccional.

Simulaciones realizadas

Con el objeto de cubrir todo el rango posible de direcciones de incidencia significativa hasta la costa en la zona de interés, se ha realizado la propagación del oleaje considerando las siguientes direcciones y periodos:

DIRECCIÓN	PERIODOS DE PICO	PERIODOS MEDIOS
NE	4, 8, 12, 18, 23 s	3.33, 6.66, 10, 15, 19.16 s
ENE	4, 8, 12, 18, 23 s	3.33, 6.66, 10, 15, 19.16 s
E	4, 8, 12, 18, 23 s	3.33, 6.66, 10, 15, 19.16 s
ESE	4, 8, 12, 18, 23 s	3.33, 6.66, 10, 15, 19.16 s
SE	4, 8, 12, 18, 23 s	3.33, 6.66, 10, 15, 19.16 s
SSE	4, 8, 12, 18, 23 s	3.33, 6.66, 10, 15, 19.16 s
S	4, 8, 12, 18, 23 s	3.33, 6.66, 10, 15, 19.16 s

La zona modelizada para el estudio del oleaje exterior, ha dependido en cada caso de la orientación del oleaje a ensayar. Las mallas correspondientes a cada una de las direcciones de incidencia se representan en la figura 3.32.

Para cada uno de los oleajes propagados se ha simulado una altura de ola significativa de Hs=1 m, de forma que los resultados finales obtenidos son los coeficientes de altura de ola en cada punto del modelo.

Los resultados de las propagaciones se presentan en el Anejo 1: Resultados de las Propagaciones de oleaje exterior.

Además, con el objeto de analizar de un modo más exhaustivo el comportamiento del oleaje en la zona de estudio, se obtienen gráficos de detalle para los periodos más significativos. Estos gráficos se incluyen en el mismo Anejo:

Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio.

3.6.- Clima marítimo en la zona de estudio

La propagación del clima marítimo hasta la zona de estudio se realiza tomando como base los datos correspondientes al punto WANA calibrado, y los resultados de las propagaciones de oleaje exterior obtenidos en el punto representado en la figura 3.33, que se resumen en las siguientes tablas:

Coeficiente de propagación

Tp (s)	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
4	0.869	0.949	0.960	0.889	0.860	0.920	0.868
8	0.784	0.887	0.892	0.799	0.766	0.780	0.684
12	0.753	0.976	0.988	0.878	0.811	0.736	0.694
18	0.807	1.138	1.174	1.010	0.845	0.511	0.553
23	0.857	1.240	1.325	1.128	0.905	0.461	0.443

Dirección del oleaje:

Tp (s)	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
4	61	75	93	117	143	160	179
8	65	74	90	118	147	159	171
12	69	74	87	112	140	153	163
18	71	74	87	106	129	146	161
23	70	75	88	103	125	143	161

Para efectuar la propagación del clima exterior hasta la costa, cada uno de los oleajes incluidos en el punto WANA ya ajustado, que componen el régimen direccional, se ha propagado teniendo en cuenta su periodo y su dirección inicial de incidencia. Con estos parámetros se asigna, por interpolación entre los oleajes propagados, un valor del coeficiente de altura de ola (Kh) y un ángulo final de incidencia hasta el punto deseado.

Para las direcciones de oleaje y periodos no incluidos en la propagación de oleaje, los coeficientes y ángulos finales de propagación se han calculado mediante interpolación lineal con los valores disponibles.

Con esta metodología, el resultado es la mejor aproximación posible a un régimen direccional del oleaje exterior en el punto deseado.

En las figuras 3.34 a 3.38 se representa el resultado gráfico de la propagación hasta la zona de estudio, de cada uno de los oleajes que componen el régimen exterior corregido, por medio de la rosa de oleaje y de las series de distribución Hs-Dirección, Hs-Tp y Tp-Dirección, así como de la representación polar de los mismos.

En la figura 3.39 se representan las series Hs-Dirección para diferentes rangos del periodo de pico.

4.- ESTABILIDAD ACTUAL DE LA PLAYA

4.1.- Introducción

En el presente capítulo se determinan las condiciones actuales de estabilidad de la playa del Castillo.

Para ello, se comienza con una descripción general de la costa de Caleta de Fuste y del estado actual de la playa.

Posteriormente se analizan las condiciones generales del oleaje incidente en la playa y, en consecuencia, los factores que determinan su estado actual de equilibrio.

4.2.- Descripción general de la costa

La costa este de Fuerteventura es muy accidentada, formada por un cantil rocoso de poca altura en el que se alternan pequeñas calas y caletas, algunas de las cuales tienen depósitos de arena en su interior. Una de las formaciones más destacadas de este tipo es la Caleta de Fuste.

Este tramo de costa tiene una orientación general NNE, siendo ésta sensiblemente rectilínea al sur de La Guirra. Toda la costa es baja y accidentada, con lajas y salientes rocosos.

El borde litoral de Caleta lo forma la Playa del Castillo, la cual presenta una forma en planta sensiblemente circular. Esta playa ha sido formada básicamente por la aportación artificial de sedimentos. El pie del perfil de playa se apoya sobre un fondo rocoso, que emerge durante la marea baja en casi toda la superficie de la cala.

La Caleta de Fuste tiene en su extremo norte un puerto deportivo, situado frente al promontorio rocoso de la Punta del Bajo, que cierra la ensenada.

Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

4.3.- Condiciones de abrigo de la playa

Los depósitos arenosos costeros en situación de equilibrio muestran una orientación media dirigida hacia la resultante energética media del oleaje incidente. La energía total de un oleaje es la suma de su energía cinética y de su energía potencial, definidas respectivamente por las siguientes ecuaciones:

$$E = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} + \frac{\rho g H^2 L}{16} = \frac{\rho g H^2 L}{8}$$

donde los subíndices k y p indican energía cinética y potencial respectivamente.

Considerando la dirección de incidencia de la energía de los diferentes oleajes que llegan hasta una playa para su composición en una dirección media, el cálculo de la energía media del oleaje incidente sobre la costa se puede realizar según la formulación siguiente:

$$P = \frac{1}{16} \rho g (H^2 C_g)_b \sin(2\theta_b)$$

siendo:

H = altura de ola,

C_g = celeridad de grupo (teoría lineal),

b = subíndice que representa condiciones del oleaje en rotura,

θ_b = ángulo entre el oleaje en rotura y la línea de costa local,

ρ = densidad del agua (1.025 t/m³).

Para determinar las condiciones de equilibrio de la playa del Castillo (ver anejo 3) se ha calculado la energía producida por cada uno de los oleajes integrantes del clima marítimo en el exterior de Caleta, y se ha compuesto cada uno de ellos hasta determinar la dirección

de su componente media. Este cálculo se ha realizado para un punto situado frente a la playa del Castillo, según se indica en la figura 4.1.

La playa del Castillo presenta una orientación de equilibrio plenamente abrigada de los oleajes del primer cuadrante, y más expuesta a los oleajes del segundo cuadrante.

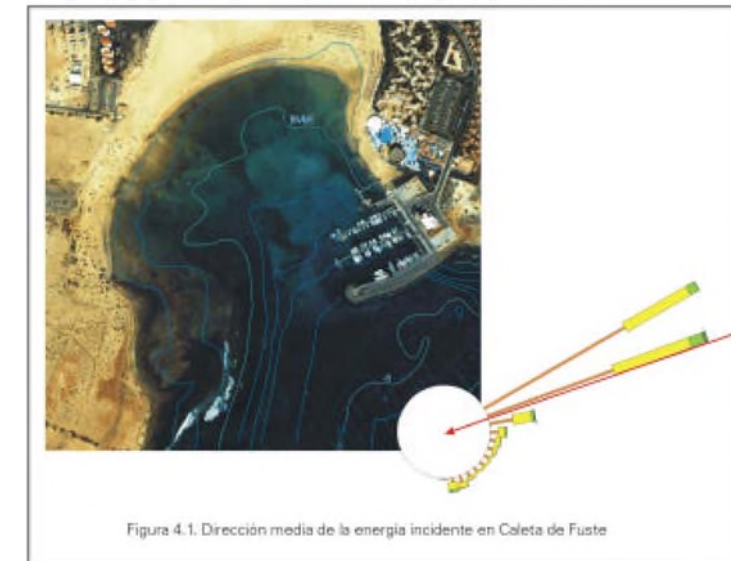


Figura 4.1. Dirección media de la energía incidente en Caleta de Fuste

Dado que los oleajes predominantes en la zona son los procedentes del primer cuadrante, la playa del Castillo está plenamente abrigada por el puerto deportivo, debiendo estar configurada como una playa típica de difracción.

4.4.- Forma en planta de la playa

Con el objeto de analizar los condicionantes de la planta de equilibrio actual de la playa del Castillo, se ha procedido a su ajuste mediante curvas experimentales, cuyo desarrollo teórico se presenta en el anejo 3 del presente trabajo.

Como resultado del análisis teórico, la figura 4.2 muestra el ajuste de la planta de playa actual al sur del puerto a espirales logarítmica de ángulo característico 26°, con los polos situados en dos puntos de difracción laterales, como son el morro del dique de abrigo del puerto y el saliente rocoso de la margen sur de la ensenada.



Puede verse que la planta actual de playa se ajusta de forma bastante adecuada a esta curva teórica, lo cual indica que los dos salientes indicados son los elementos que configuran básicamente su estabilidad en planta.

4.5.- Incidencia de los oleajes en el interior

Metodología

Para analizar las condiciones de agitación interior actuales de la playa del Castillo se ha empleado el modelo matemático Mike 21-EMS (Eliptic Mild Slope). Este modelo presenta las siguientes características generales:

- El modelo calcula las ecuaciones de Boussinesq por medio de una aproximación elíptica, con un esquema en diferencias finitas sobre una malla rectangular regular.
- El modelo incluye los efectos de refracción, difracción, rotura y pérdida por fondo del oleaje.
- El modelo permite la inclusión en sus bordes de condiciones tales como reflexión parcial en estructuras, absorción total en zonas de playa, etc.

Los resultados finales del modelo son las alturas y frentes de onda estacionarios.

Las características de la malla de propagación empleada son las siguientes:

- Longitud de malla: 1.690 m
- Anchura de malla: 1.445 m
- Paso de malla: 5x5 m
- Número de puntos: 98.310
- Dirección de incidencia: E-22º-N

La orientación elegida es aquella de la que proceden los temporales más frecuentes en la zona, que son los del primer cuadrante.

En la malla de cálculo se han establecido zonas de absorción total del oleaje frente a la playa y en los bordes rocosos y escolleros del modelo, con el objeto de minimizar la interferencia de las reflexiones numéricas sobre la agitación interior calculada; de esta forma se evita el que el oleaje reflejado en los bordes artificiales del modelo se propague de nuevo hacia su interior.

Oleajes ensayados

Puesto que el oleaje de entrada al modelo elíptico es monocromático con distribución de alturas de ola del tipo Rayleigh, se ha procedido a ensayar periodos comprendidos entre T=6 s y T=14 s, habiéndose compuesto posteriormente los resultados según la distribución del espectro Pierson-Moskowitz (1964). La forma de equilibrio del espectro PM para un mar totalmente desarrollado se expresa en términos de la frecuencia de onda f y de la velocidad de viento Uw (velocidad a 19.50 m de altura) en la forma:

$$E(f) = \frac{0.0081g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp\left(-0.24\left[\frac{2\pi U_w f}{g}\right]^4\right)$$

Este espectro describe un mar totalmente desarrollado con un único parámetro, asumiendo que, tanto la duración del viento como el fetch disponible son infinitos. Esta idealización del espectro es adecuada siempre que el viento sople sobre grandes superficies de agua, sin cambios sustanciales en su dirección durante más de 10 horas.

Por tanto, los periodos del oleaje simulados han sido posteriormente ponderados según su densidad de energía en el espectro PM. De esta forma se evita la formación en el modelo de senos y nodos de reflexión poco realistas.

La altura de ola inicial a la entrada del modelo para cada una de las simulaciones ha sido $H_s=2.10\text{ m}$ ($H_{rms}=1.5\text{ m}$), lo que representan condiciones extremas de oleaje exterior. Considerando un coeficiente de propagación desde aguas profundas hasta la entrada del modelo de $K_h=0.85$, la altura de ola inicial $H_s=2.1\text{ m}$ corresponde a un temporal exterior aproximado de $H_s=2.50\text{ m}$.

El nivel medio del mar se ha establecido en el valor de marea alta $NM=+2.50\text{ m}$, de forma que la entrada de energía hasta el interior de la playa sea máxima.

Resultados

Las figuras 4.3 y 4.4 muestran la distribución de altura de ola en el interior de la playa para dos periodos de oleaje diferentes, $T_p=9\text{ s}$ y $T_p=12\text{ s}$.

A la entrada de la ensenada se produce una rotura general del oleaje sobre los bajos existentes, de forma que gran parte de la energía se dispersa en el entorno, penetrando hasta la ensenada una altura de ola general extremadamente reducida. La mayor altura de ola se produce en el sector suroeste de la playa, disminuyendo gradualmente su valor hacia el noroeste de la playa.

Cuando el periodo del oleaje incidente disminuye, la penetración de la energía hacia el interior de la playa aumenta ligeramente.

5.- ALTERNATIVAS DE REGENERACIÓN

5.1.- Introducción

En el presente capítulo se analizan las posibles alternativas de regeneración de la playa del Castillo, basándose en sus condiciones actuales de estabilidad.

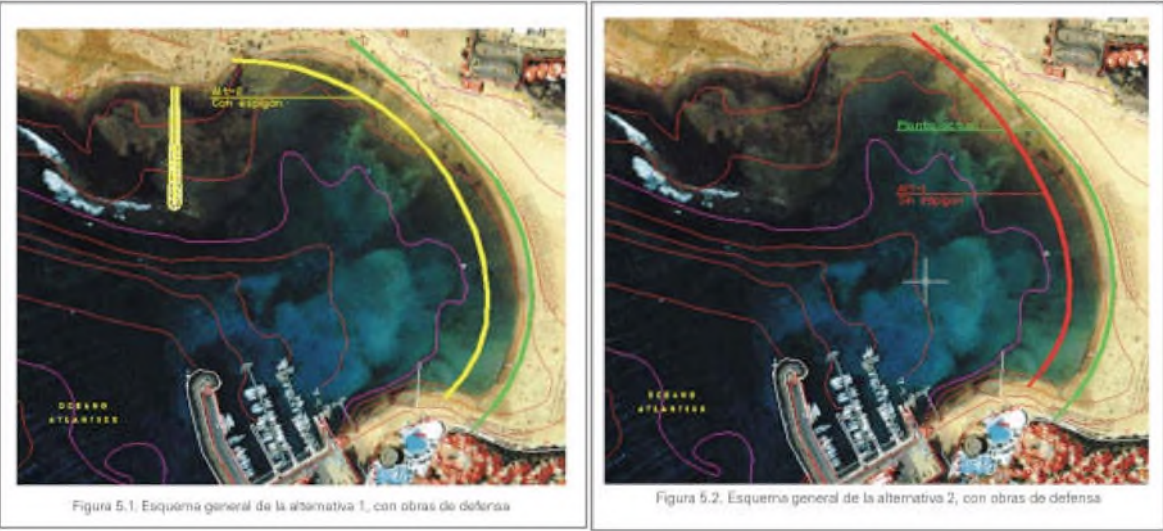
Los cálculos necesarios para garantizar la estabilidad en planta y perfil del futuro relleno de la playa están basados en la siguiente metodología:

- Planta de equilibrio: partiendo de los condicionantes actuales de la orientación de equilibrio de la playa del Castillo, se ha deducido la orientación futura y la forma en planta de la misma.

- Perfil de equilibrio: se han aplicado formas teóricas de equilibrio, contrastadas mediante el análisis de datos reales de playas canarias.

5.2.- Alternativas de regeneración

Basándose en la forma en planta de la playa actual, se han definido dos alternativas para la nueva planta de equilibrio, que se presentan en las figuras 5.1 y 5.2.



Las plantas de playa de las dos alternativas han sido trazadas empleando espirales logarítmicas de ángulo característico 26° , con los polos situados en los puntos de difracción laterales.

La Alternativa 1 (figura 5.1) supone la construcción de un espigón de abrigo que reduzca la agitación en el sector suroeste de la playa y permita así ganar anchura de playa en la zona donde ésta es menor. Este espigón puede construirse a cota muy baja, siguiendo la pendiente del perfil de playa regenerado, pero supone en definitiva el cierre parcial del frente de playa actual y un impacto visual derivado muy relevante.

La Alternativa 2 no incluye ninguna obra de defensa adicional en la playa, de forma que su forma en planta seguirá la alineación marcada por la espiral logarítmica descrita anteriormente. Esta forma en planta se rectifica debido a que se producirá un dragado general en los fondos de la cala, lo que reducirá especialmente el resguardo de la zona suroeste, de forma que su avance será inferior al de la zona noreste de la unidad.

5.3.- Perfil previsto en la nueva playa

Para determinar las características del nuevo perfil de playa regenerado se ha empleado la formulación parabólica de Dean (1977), la cual supone que la disipación de energía por unidad de volumen se mantiene constante en la zona de rotura, de forma que:

$$h = Ax^{2/3}$$

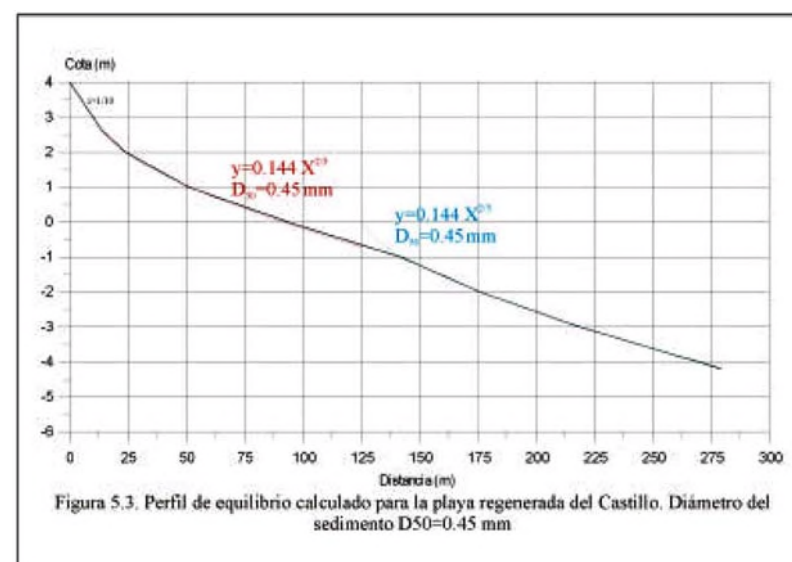
siendo (h) la profundidad y (A) un parámetro relacionado con características como el tamaño de grano, la energía de oleaje incidente, etc. El parámetro (A) se denomina factor de escala o coeficiente de forma del perfil, y es función de la forma en la que se disipa la energía a lo largo del perfil.

En el Anejo 3 se detallan los aspectos teóricos de este perfil y se analiza su ajuste real a playas artificiales canarias.

Se ha estimado que el tamaño medio del sedimento de aportación será de 0.60 mm, correspondiente al material disponible en bancos submarinos cercanos a Caleta de Fuste.

Para el cálculo del perfil de equilibrio se ha adoptado un valor del diámetro medio conservador, ligeramente inferior al aparentemente disponible. Así, para un valor del tamaño medio del sedimento $D_{50}=0.45$ mm, el valor de ADean es:

$$A = 0.51 w^{0.44} = 0.144$$

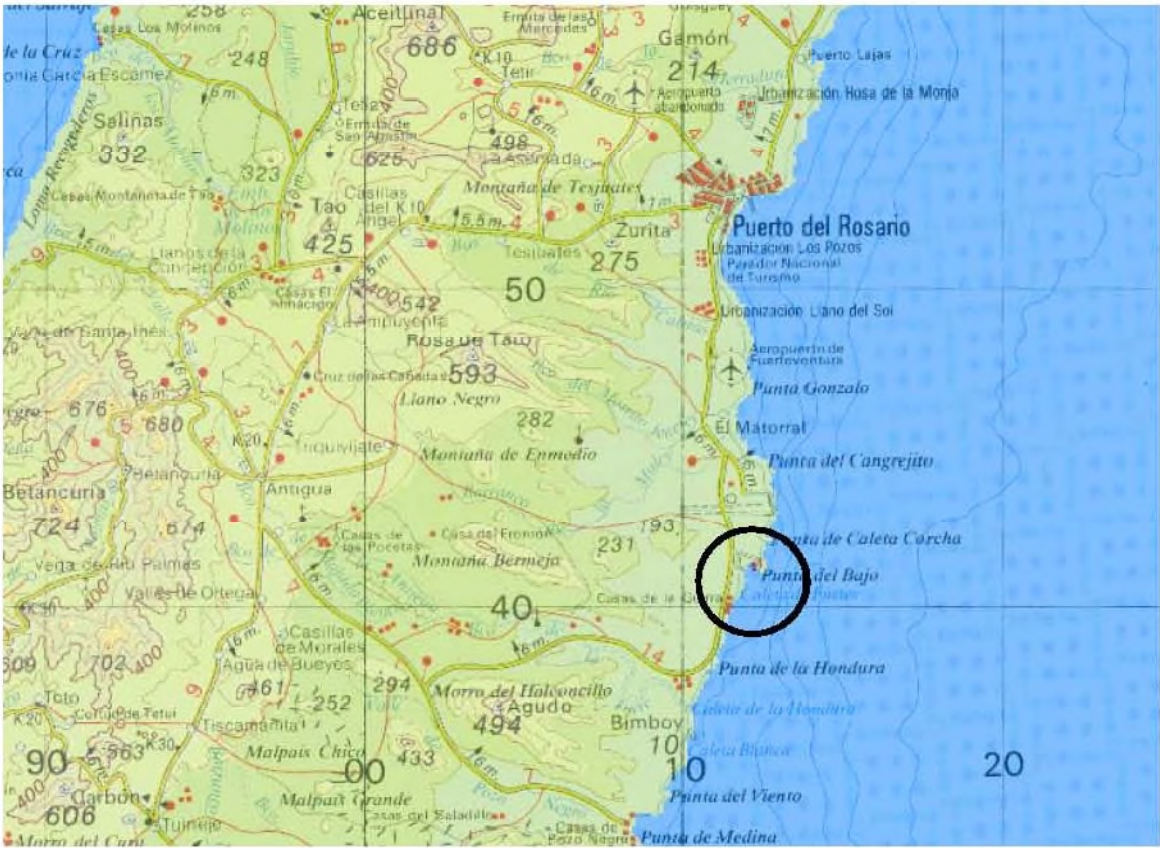
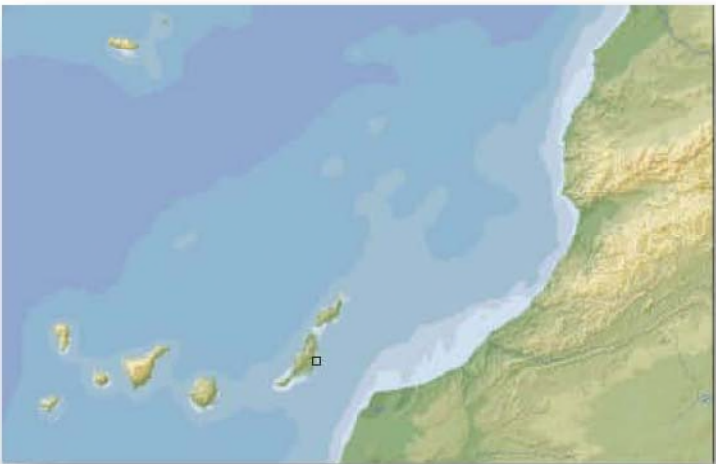


Consideraremos que no se produce disipación adicional del oleaje debido a la difracción o a abrigos adicionales de la nueva playa.

Para la pendiente a cotas superiores al nivel de pleamar se ha adoptado el valor 1/10, en prolongación con la pendiente de la curva teórica en su tramo superior.

La figura 5.3 muestra el perfil de playa teórico adoptado.

FIGURAS



Plano de situación y detalle de la zona de Caleta de Fuste

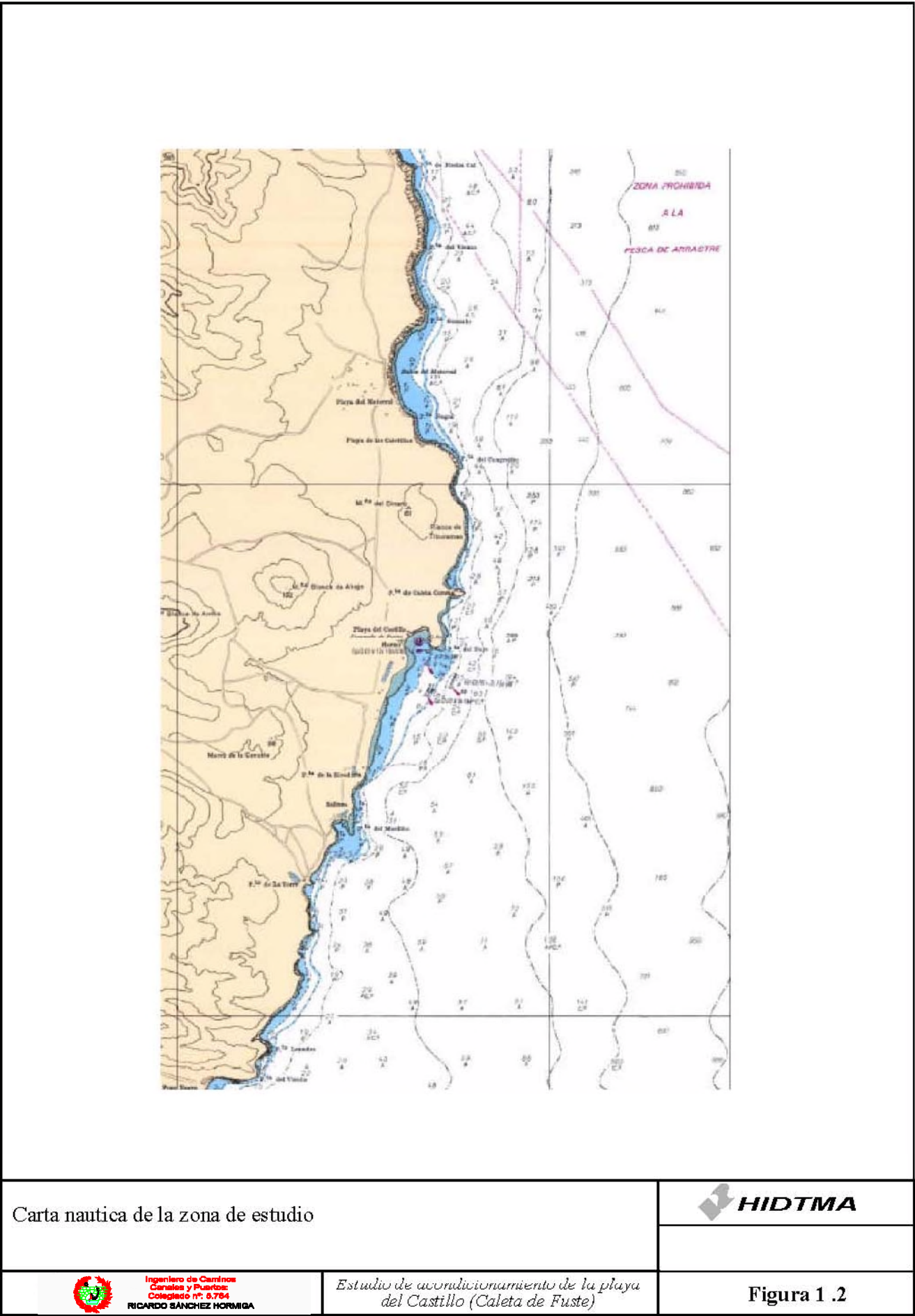


Ingeniero de Caminos
Carreteras y Puertos
Colegiado nº: 6.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 1 .1

- Figura 4.4. Propagación del oleaje exterior hasta la playa del Castillo. Tp =12 s. Hs = 2.50 m en el exterior .
- Figura 5.1 Esquema general de la alternativa 1, con obras de defensa.
- Figura 5.2 Esquema general de la alternativa 2, sin obras de defensa.
- Figura 5.3 Perfil de equilibrio calculado para la playa regenerada del Castillo. Diámetro del sedimento D50 = 0,45 mm.





Vistas aereas oblicuas de la playa



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado n.º 6.764
RICARDO SANCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*

Figura 1 .3



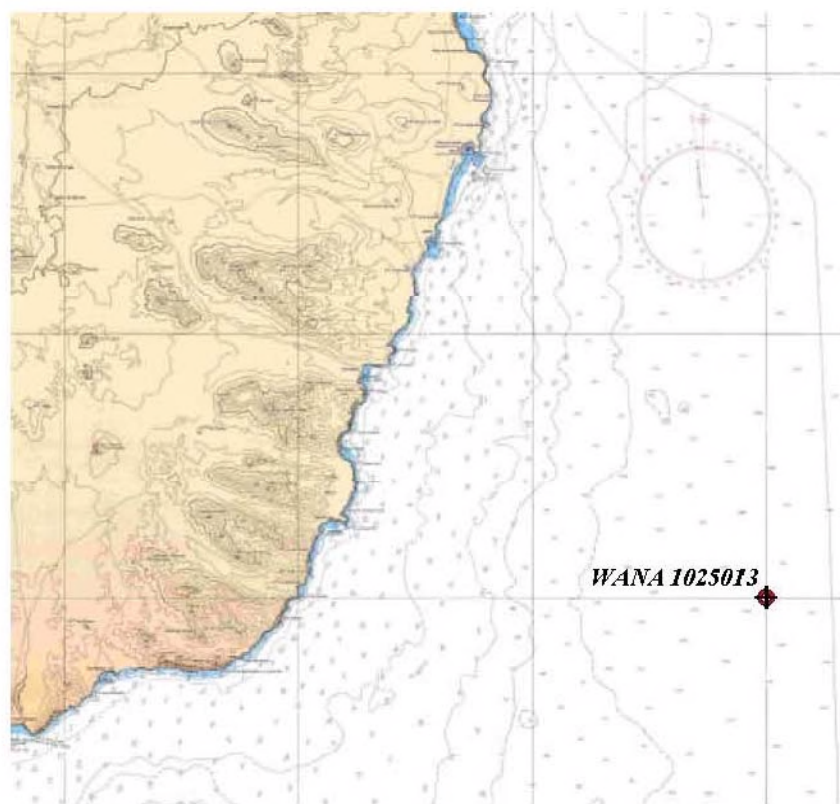
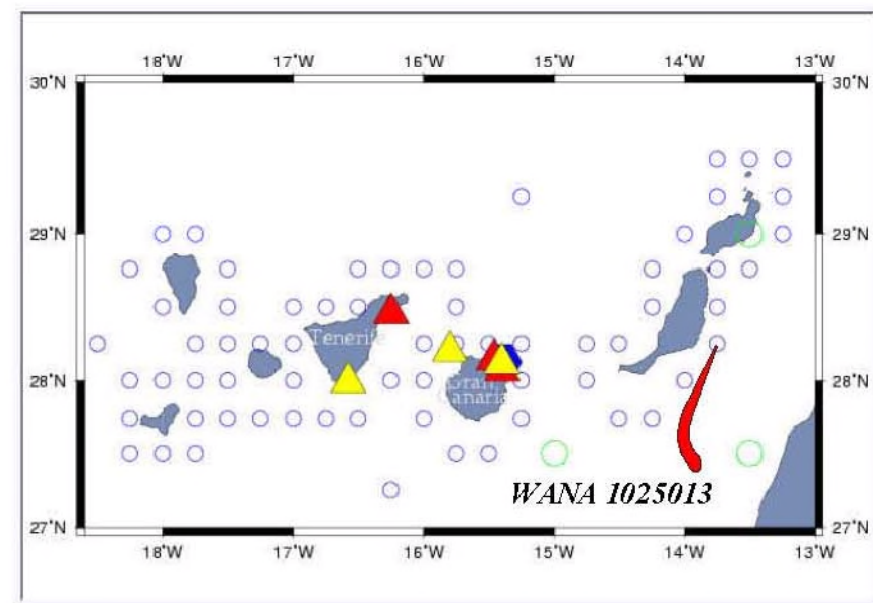
Vista aerea general de Caleta de Fuste



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado n.º 6.764
RICARDO SANCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*

Figura 1 .4



Ubicación del punto WANA 1025013



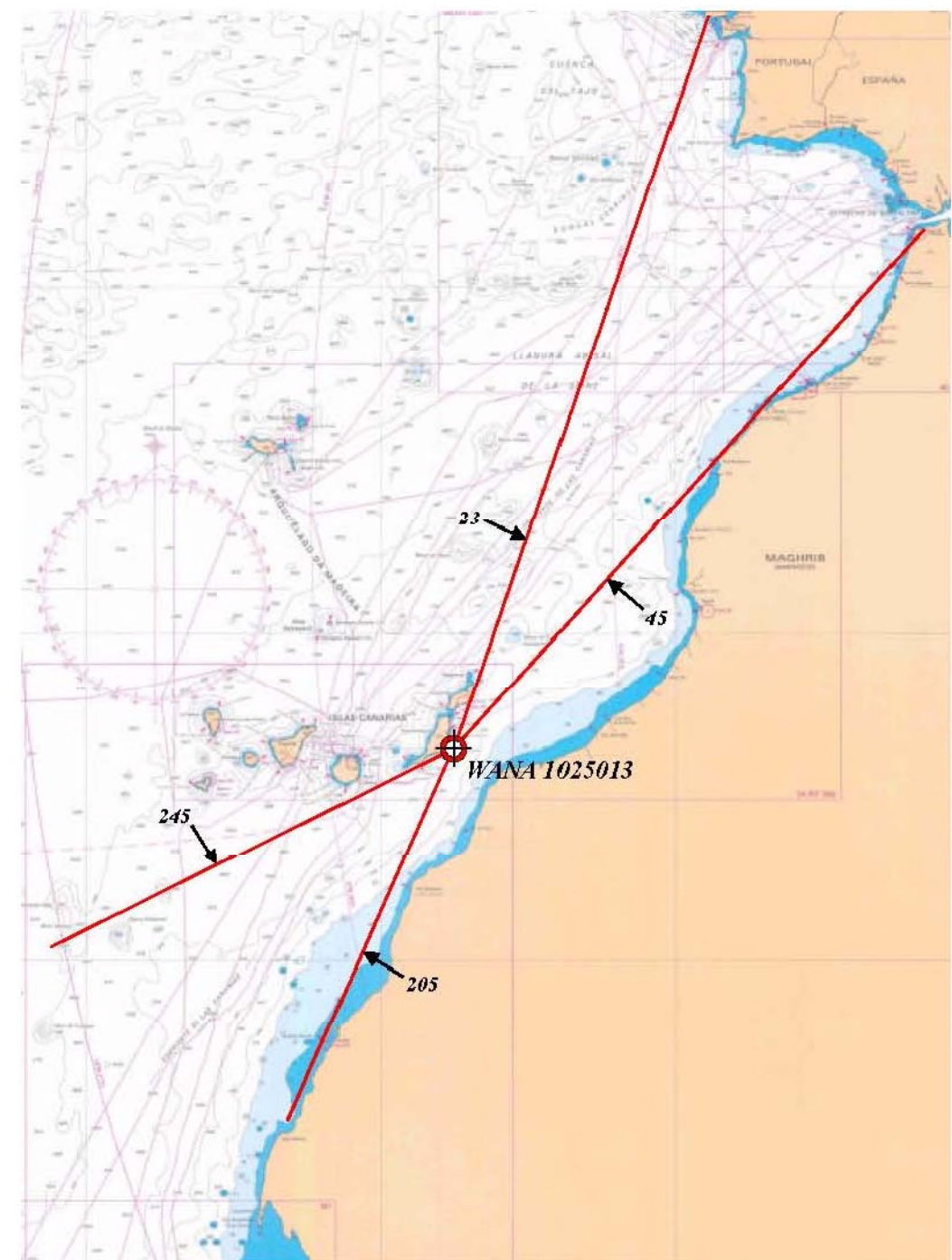
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 3.1



Sectores direccionales de procedencia del oleaje
escogidos para el análisis.



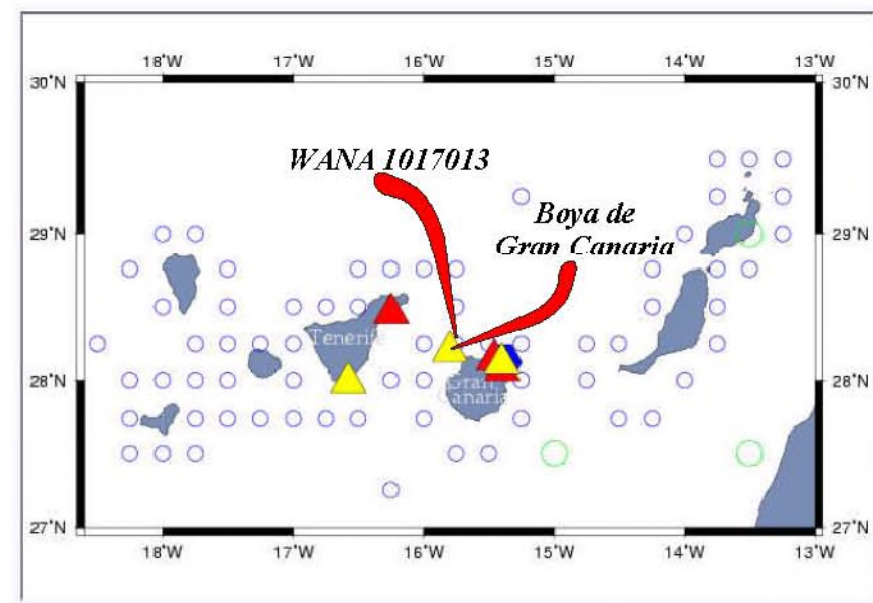
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 3.2



Ubicación de la Boia de Gran Canaria y del punto WANA 1017013

HIDTMA

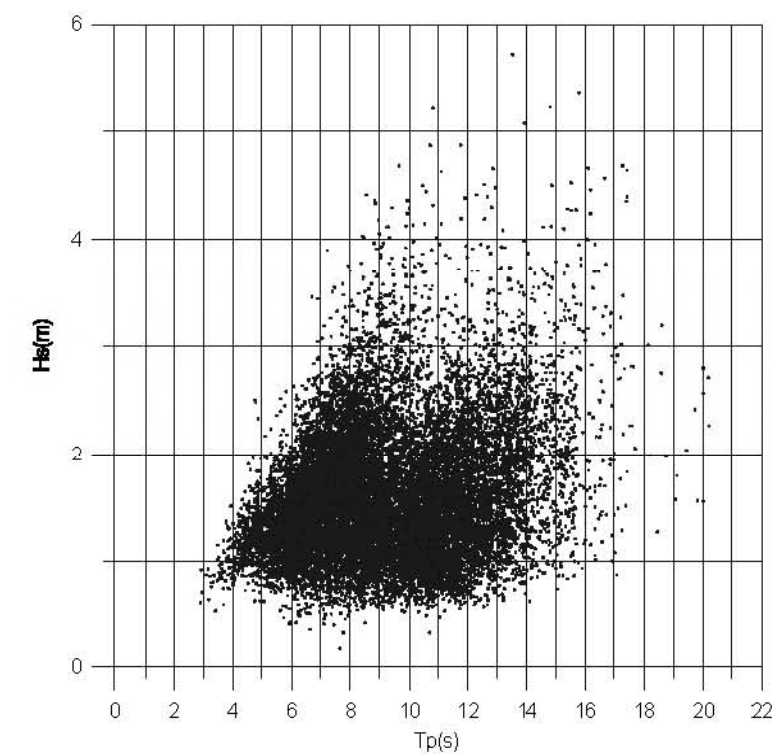
*Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior*



Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*

Figura 3.3



Serie de distribución Hs-Tp correspondiente
a la Boia de Gran Canaria

HIDTMA

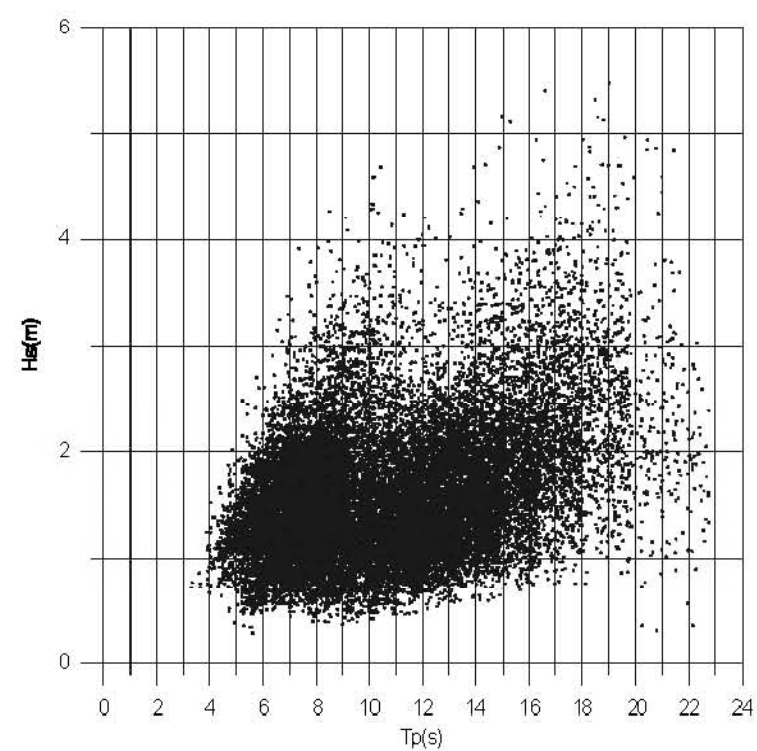
*Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior*



Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*

Figura 3.4



Serie de distribución Hs-Tp correspondiente
al punto WANA 1017013



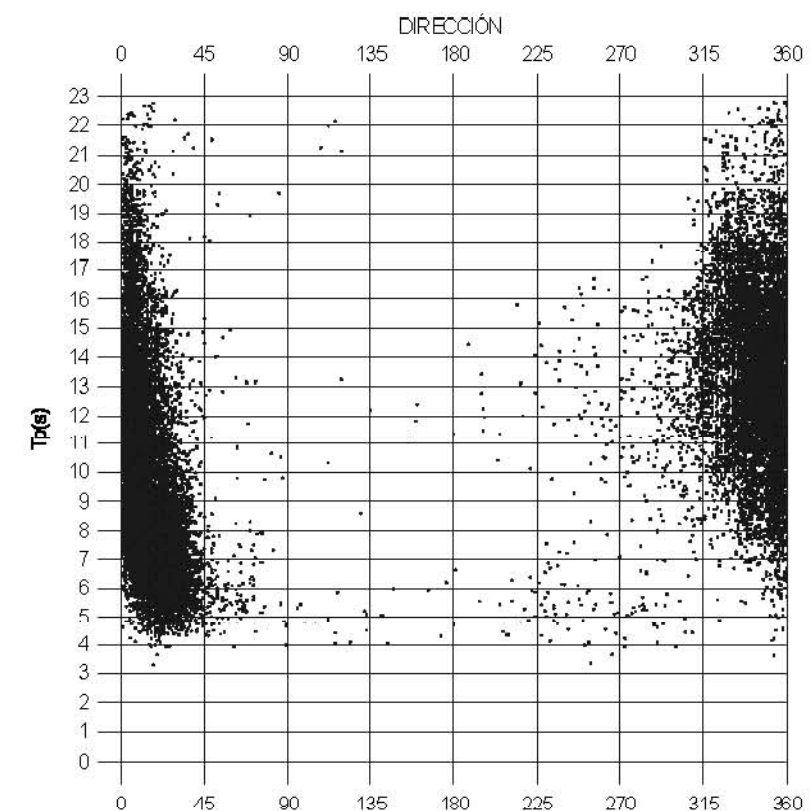
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior



Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos:
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 3.7



Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente
al punto WANA 1017013



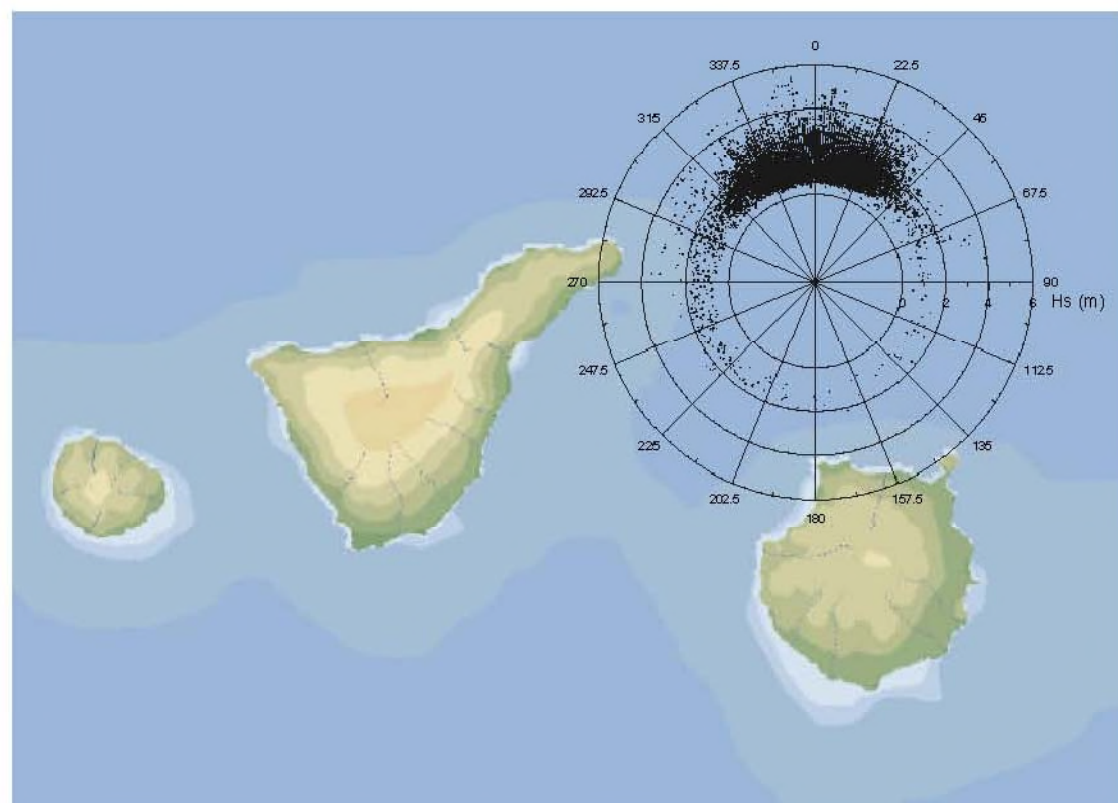
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior



Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos:
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 3.8



Representación polar de los datos correspondientes
al punto WANA 1017013

HIDTMA

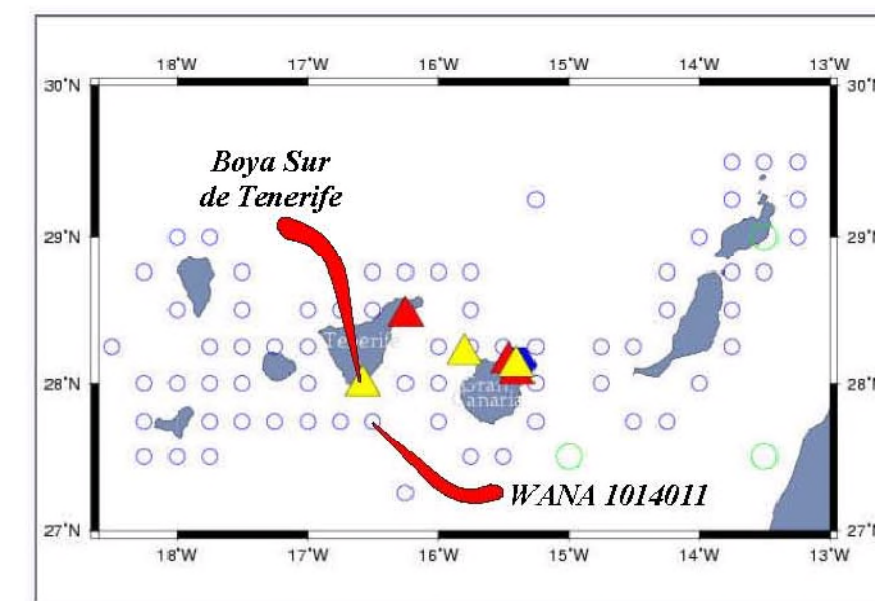
*Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior*



Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*

Figura 3.9



Ubicación de la Boya Sur de Tenerife y del punto WANA 1014011

HIDTMA

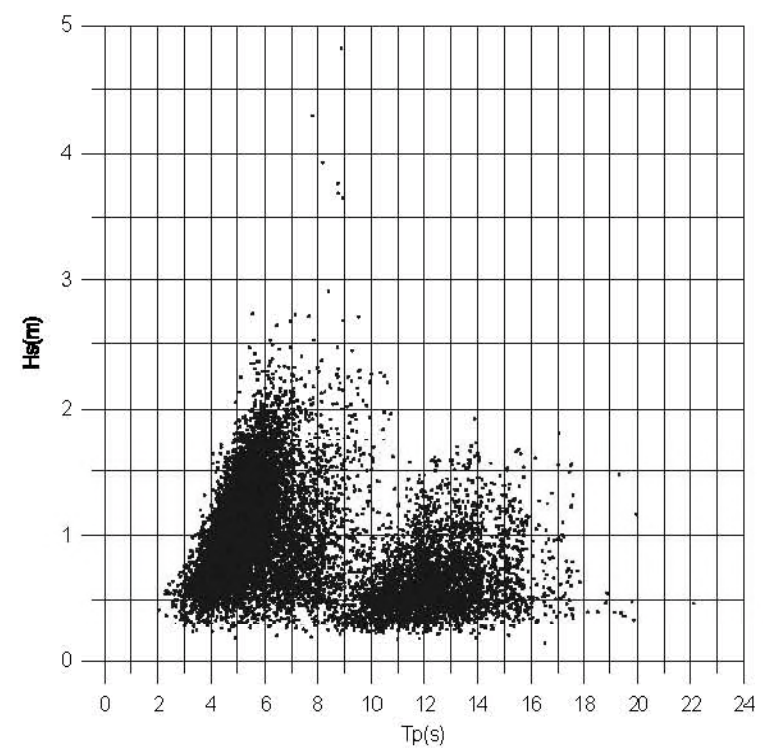
*Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior*



Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*

Figura 3.10



Serie de distribución Hs-Tp correspondiente
a la Boya de Tenerife Sur



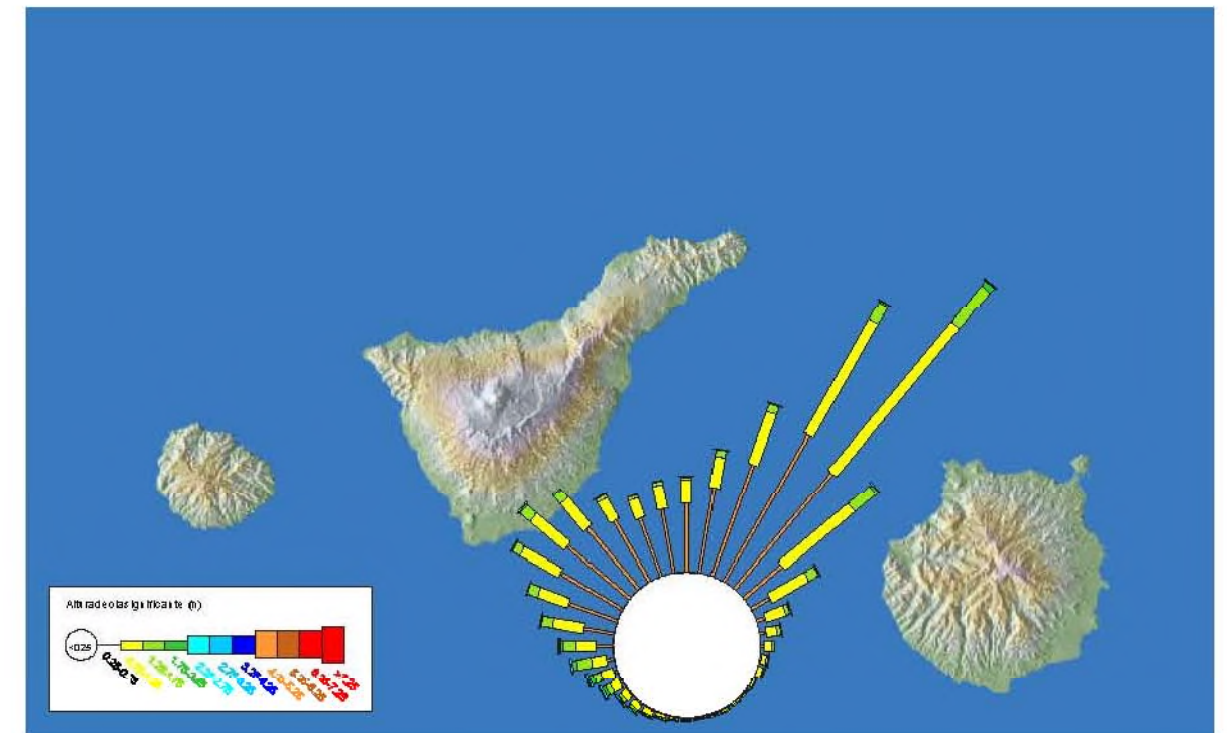
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 3.11



Rosa de oleaje correspondiente al punto WANA 1014011



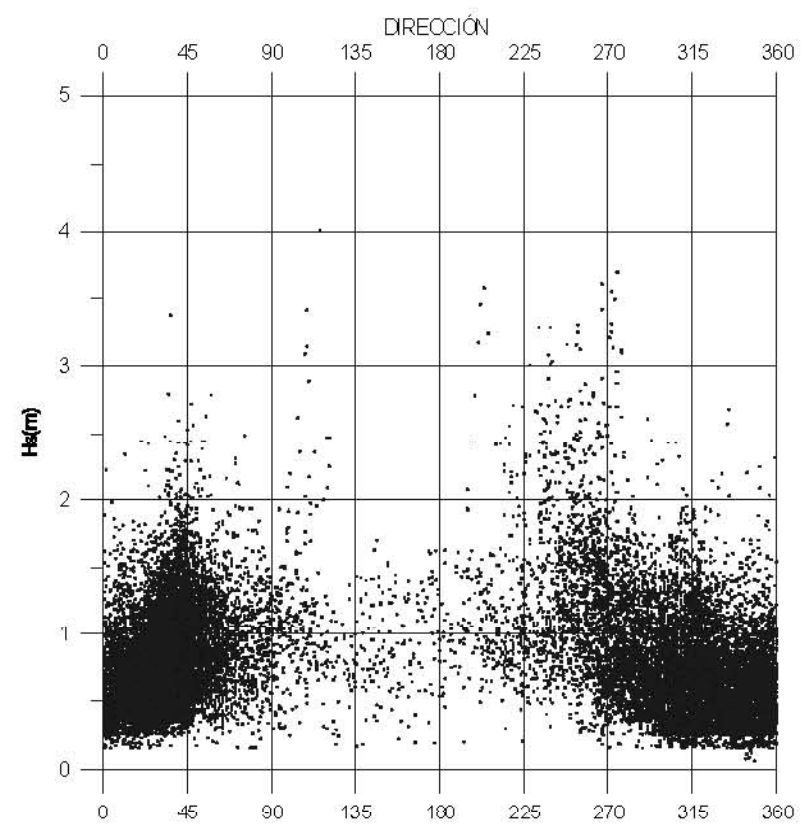
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 3.12



Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente
al punto WANA 1014011



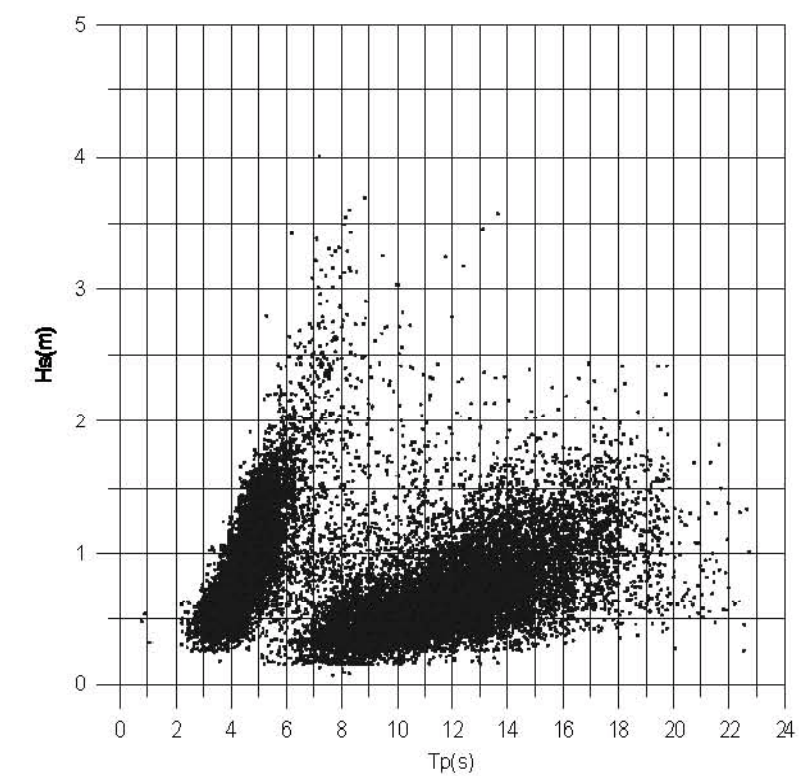
*Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior*



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*

Figura 3.13



Serie de distribución Hs-Tp correspondiente
al punto WANA 1014011



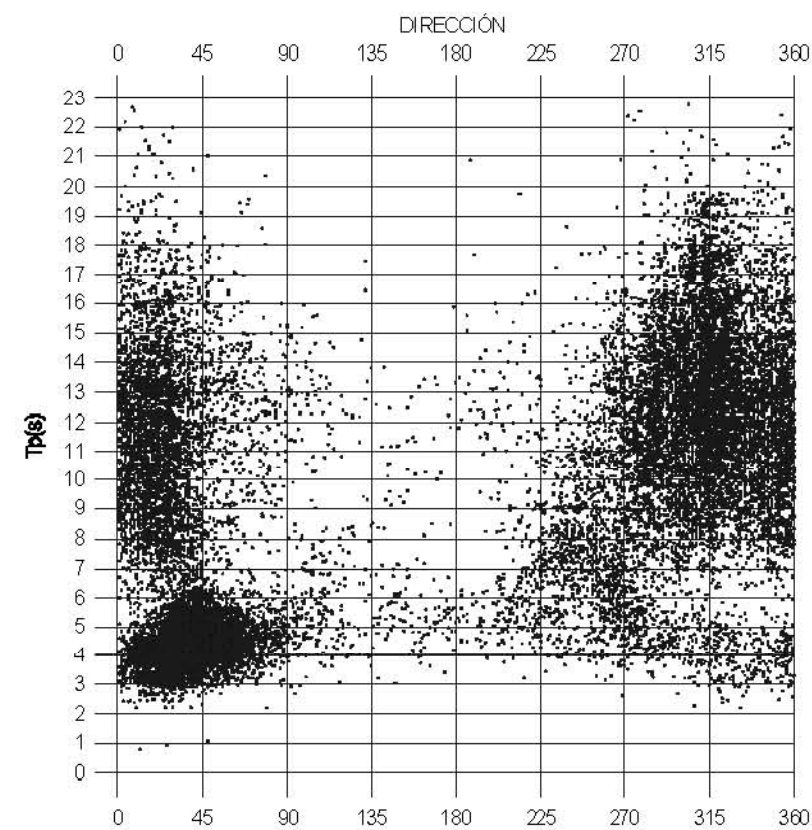
*Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior*



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*

Figura 3.14



Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente al punto WANA 1014011



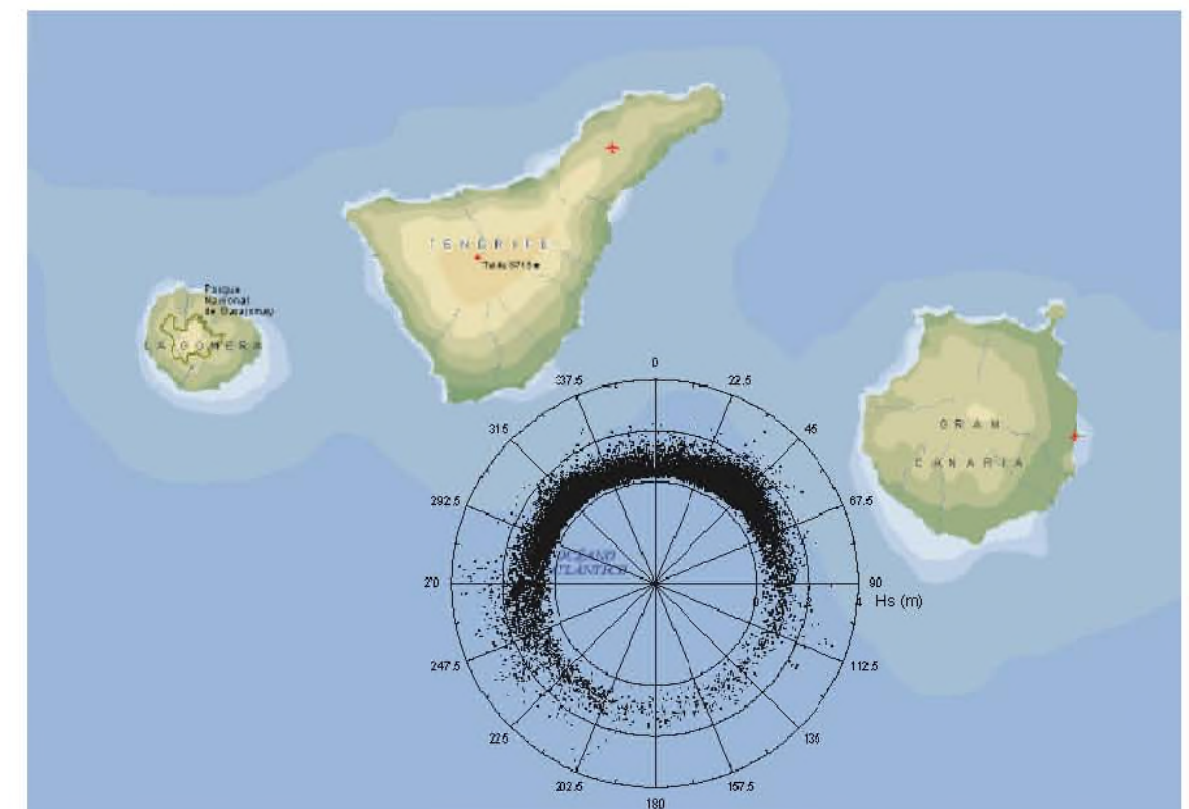
Clima marítimo y propagación de oleaje exterior

Figura 3.15



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Representación polar de los datos correspondientes al punto WANA 1014011



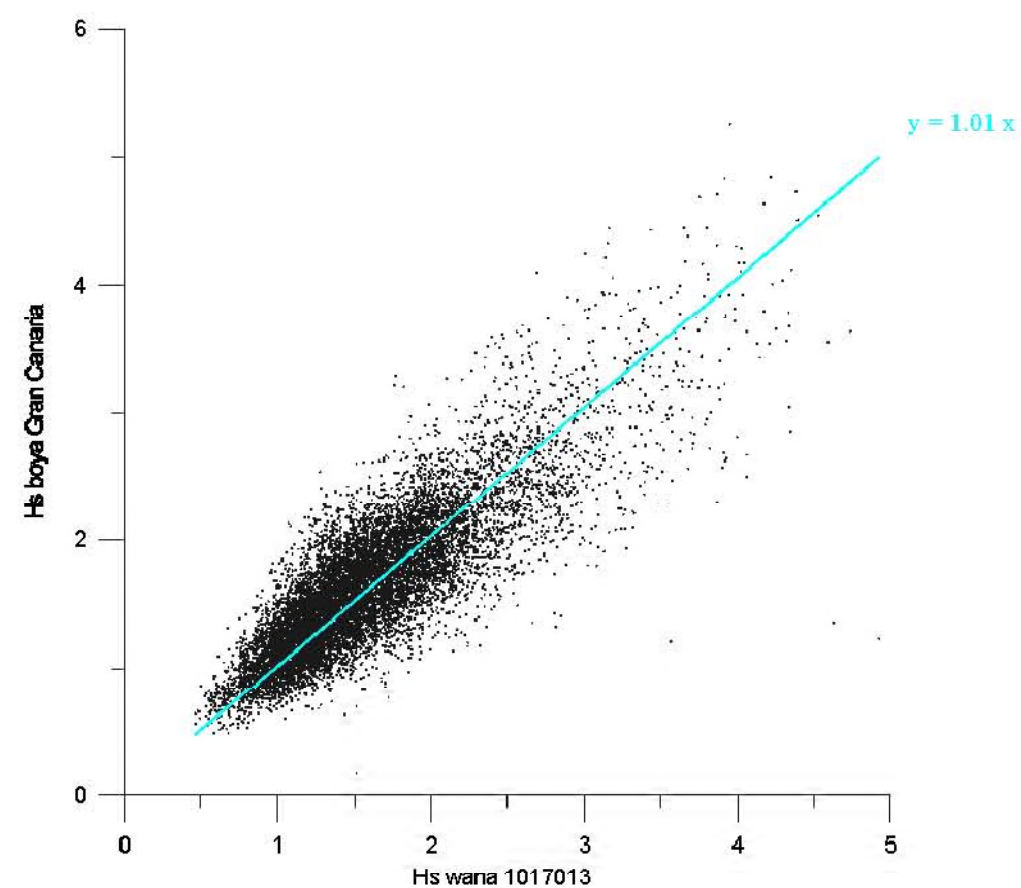
Clima marítimo y propagación de oleaje exterior

Figura 3.16



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº: 6.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Calibración de datos de clima marítimo. Representación de las alturas de la boya de Gran Canaria y el WANA 1017013. Registros del primer cuadrante.



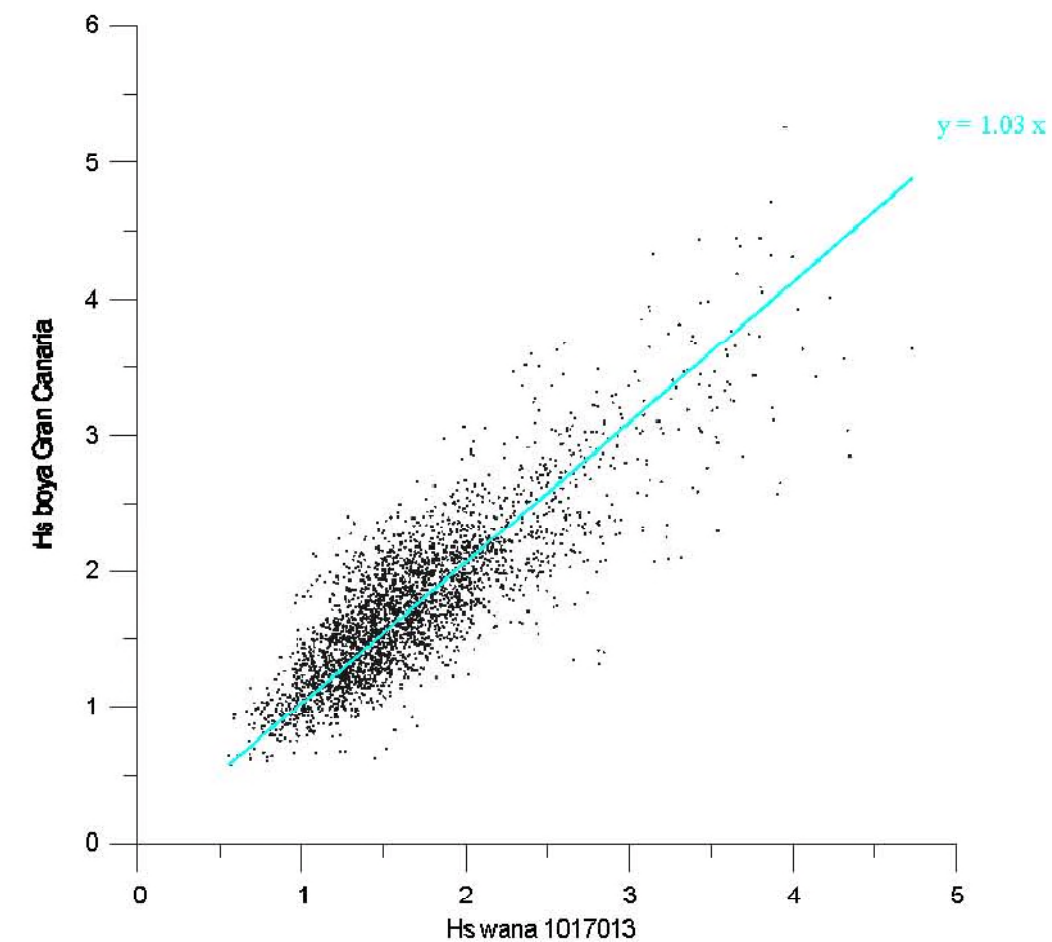
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.17



Calibración de datos de clima marítimo. Representación de las alturas de la boya de Gran Canaria y el WANA 1017013. Registros de sector comprendido entre 23°- 45°.



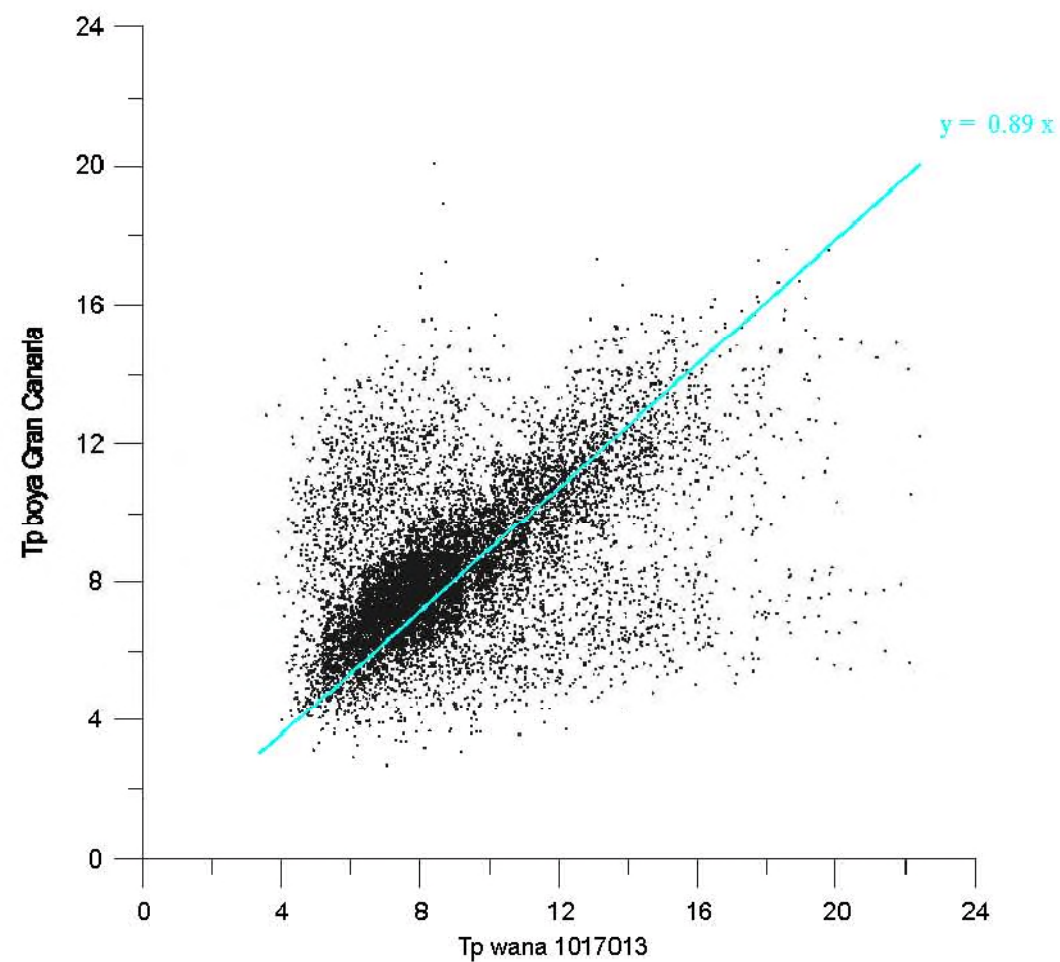
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.18



Calibración de datos de clima marítimo. Representación de los
 T_p de la boya de Gran Canaria y el WANA 1017013.
 Registros correspondientes al primer cuadrante.



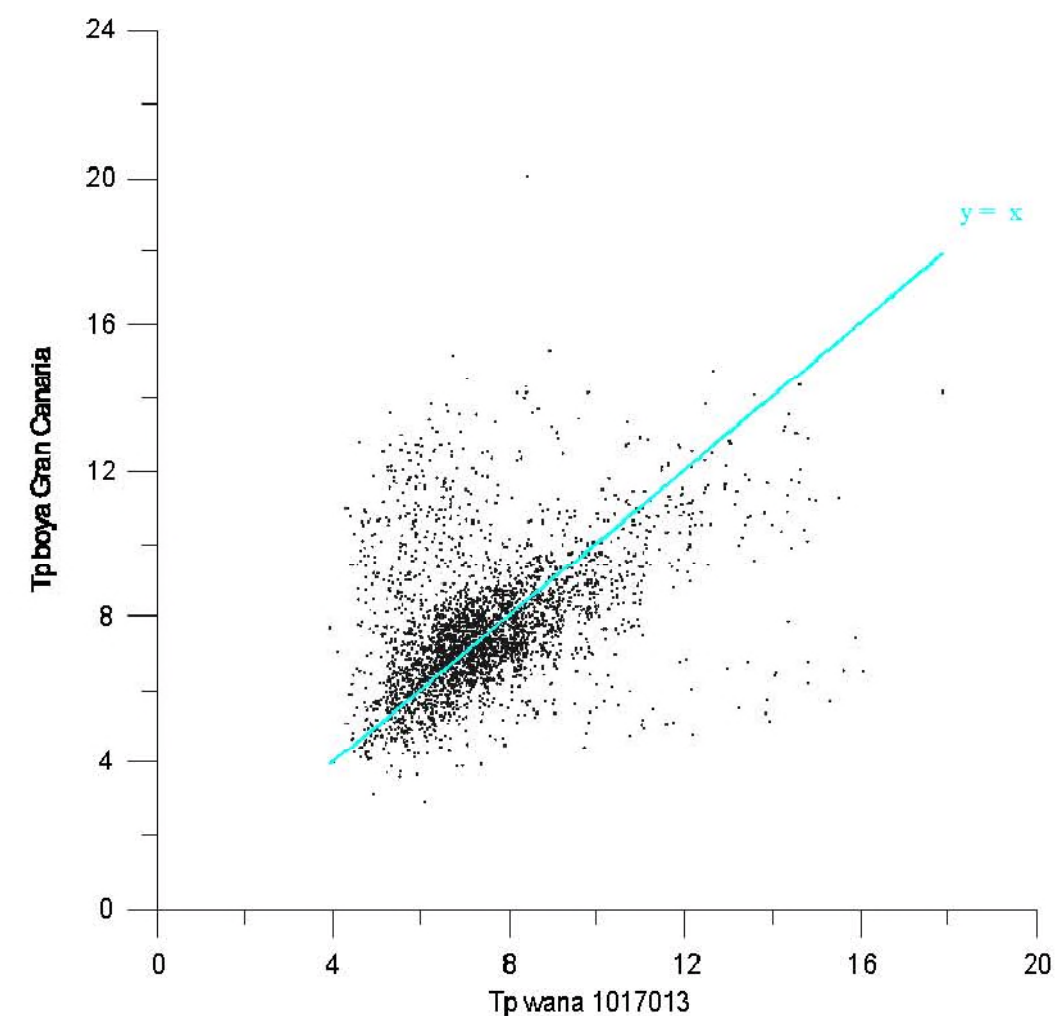
Ingeniero de Caminos
 Canales y Puertos
 Colegiado nº. 5.764
 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
 del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
 de oleaje exterior

Figura 3.19



Calibración de datos de clima marítimo. Representación de los
 T_p de la boya de Gran Canaria y el WANA 1017013.
 Registros de sector comprendido entre 23° - 45° .



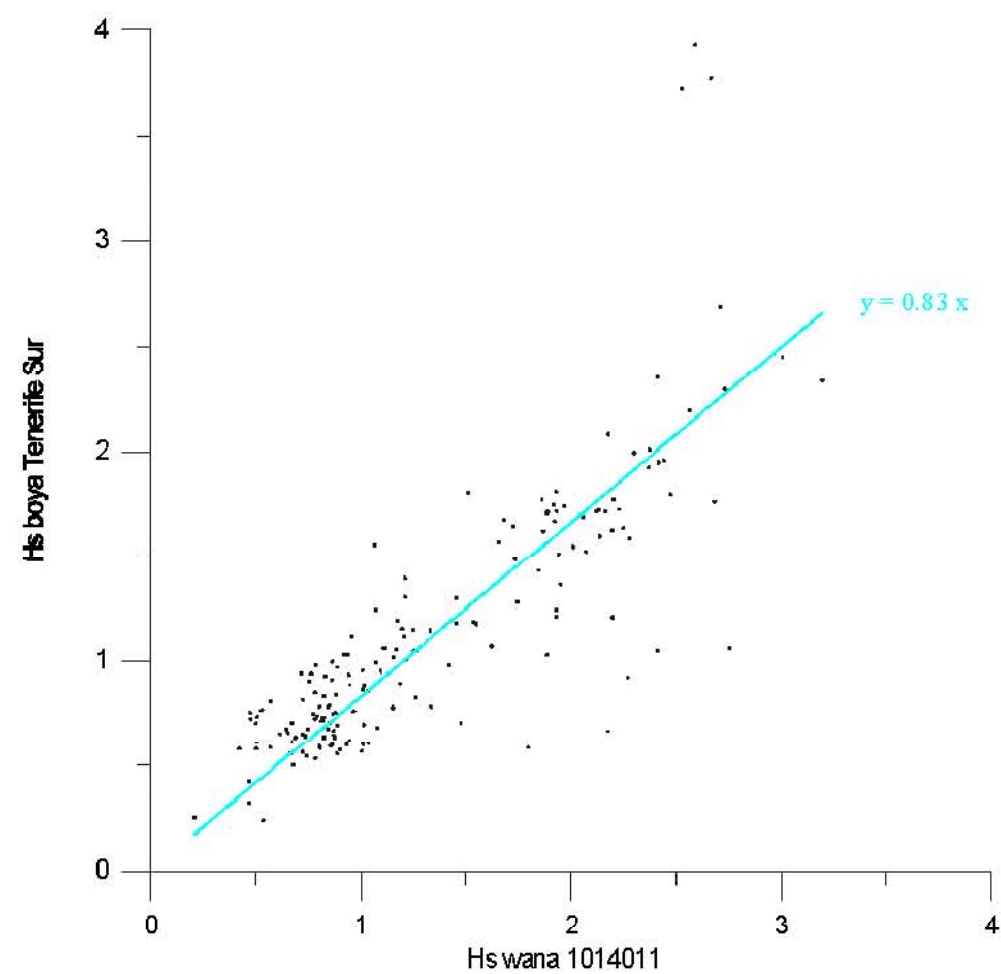
Ingeniero de Caminos
 Canales y Puertos
 Colegiado nº. 5.764
 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
 del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
 de oleaje exterior

Figura 3.20



Calibración de datos de clima marítimo. Representación de las alturas de la boya de Tenerife Sur y el WANA 1014011. Registros de sector comprendido entre 205°- 245°.



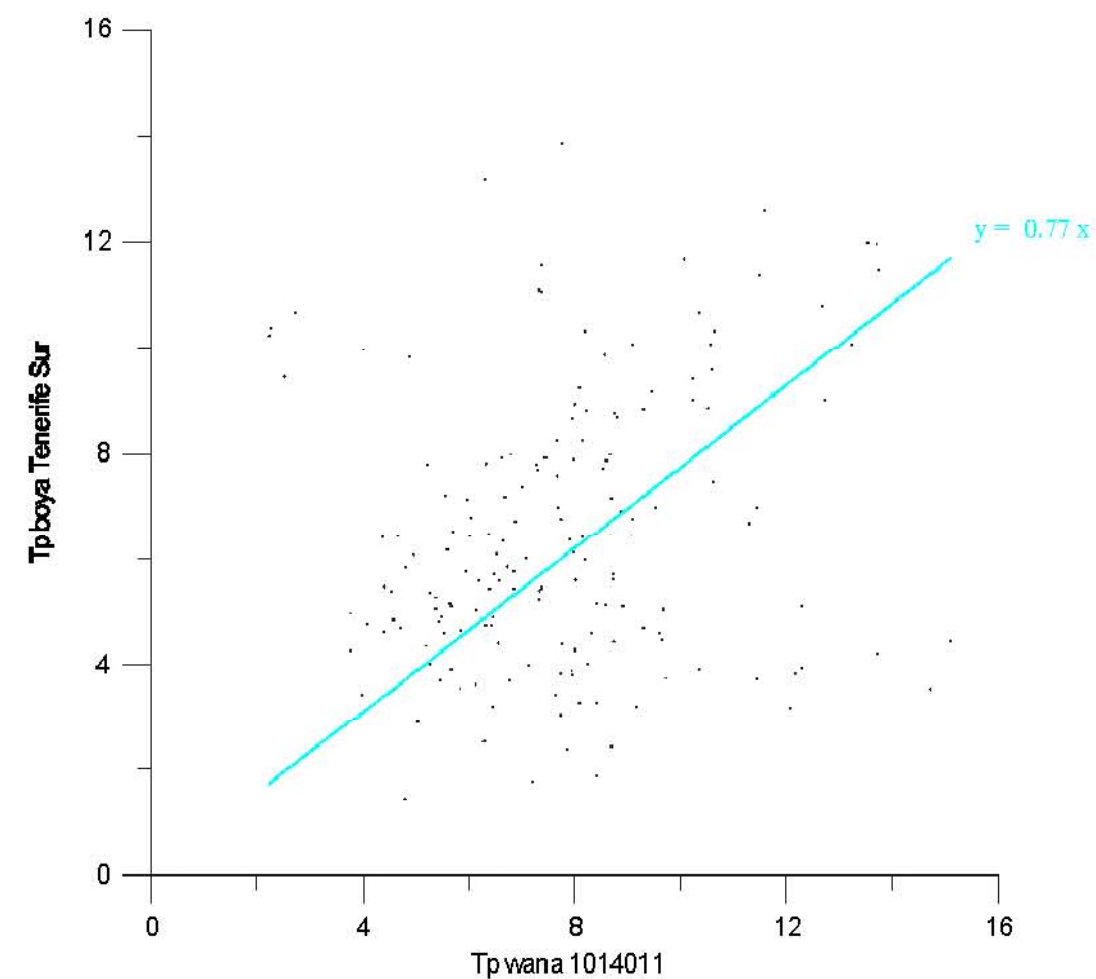
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.21



Calibración de datos de clima marítimo. Representación de los Tp de la boya de Tenerife Sur y el WANA 1014011. Registros de sector comprendido entre 205°- 245°.



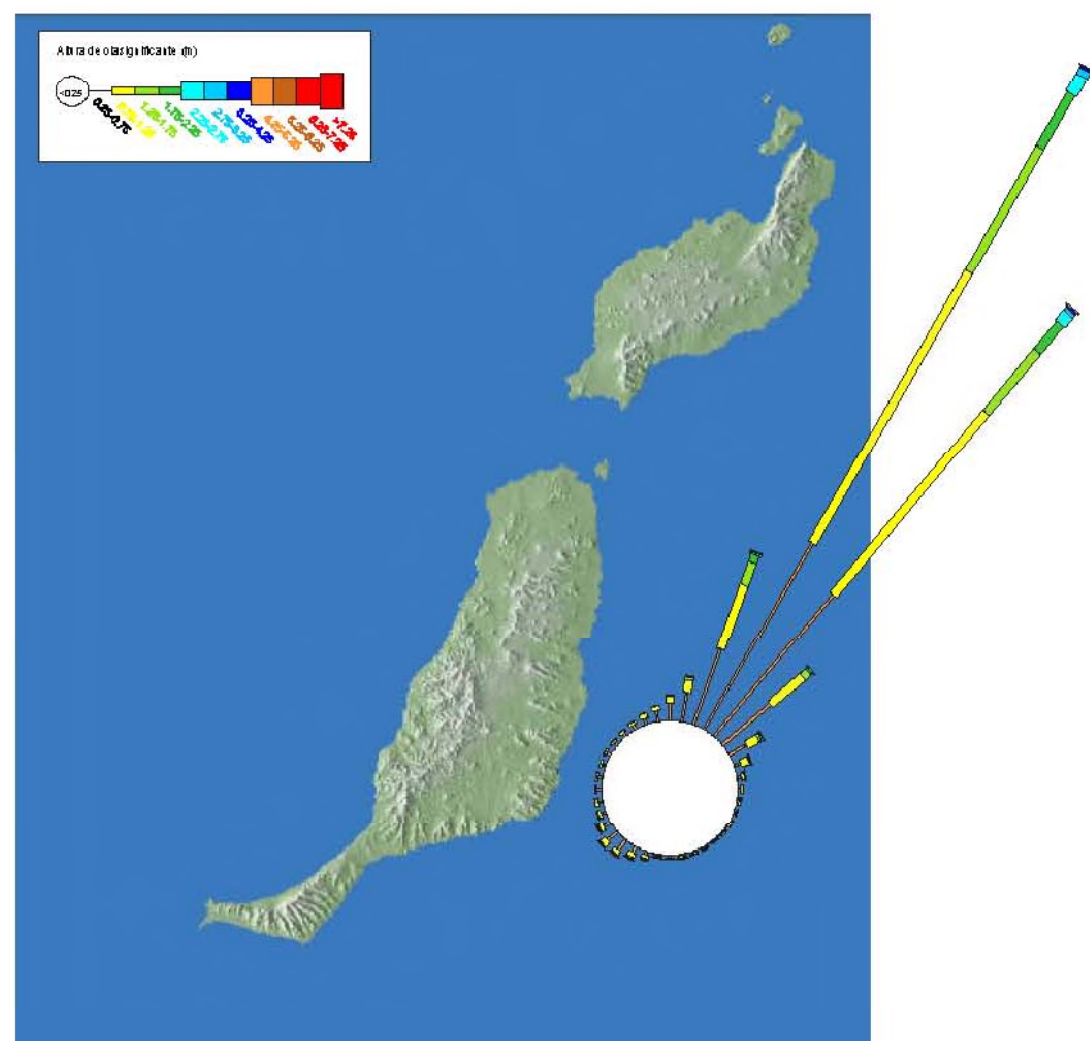
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.22



Rosa de oleaje correspondiente al punto WANA 1025013
ajustado según la calibración realizada

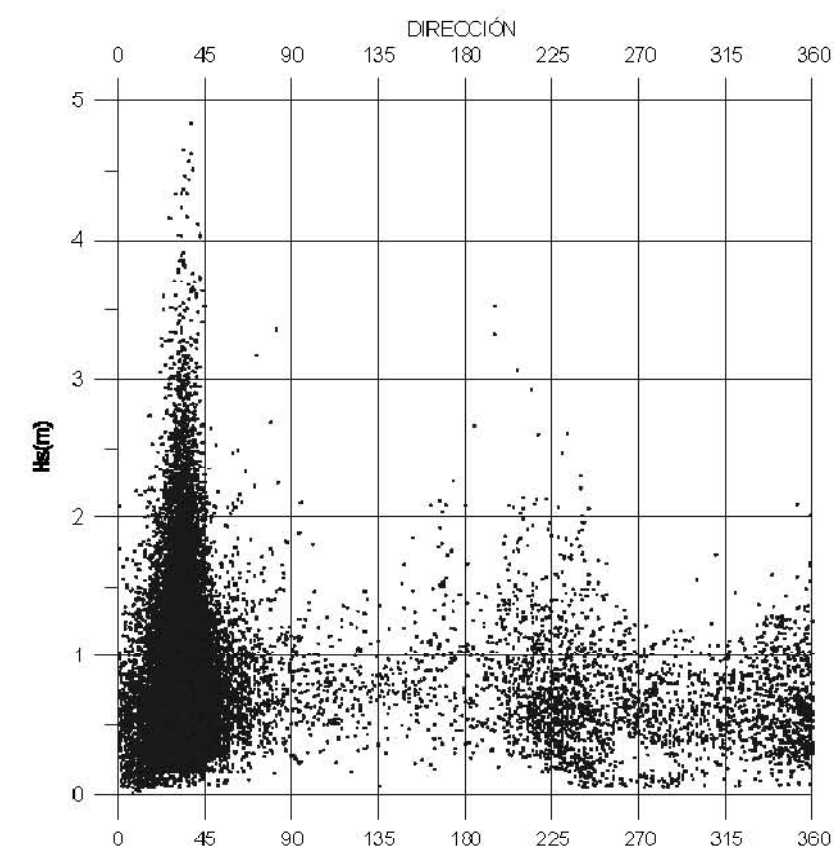
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.23



Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente al punto
WANA 1025013 ajustado según la calibración realizada

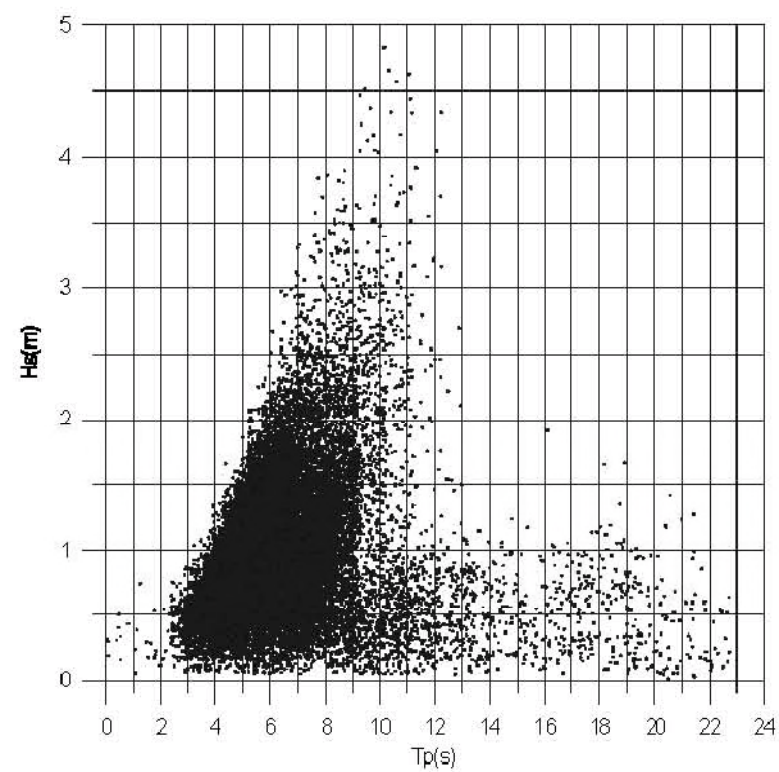
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.24



Serie de distribución Hs-Tp correspondiente al punto
WANA 1025013 ajustado según la calibración realizada



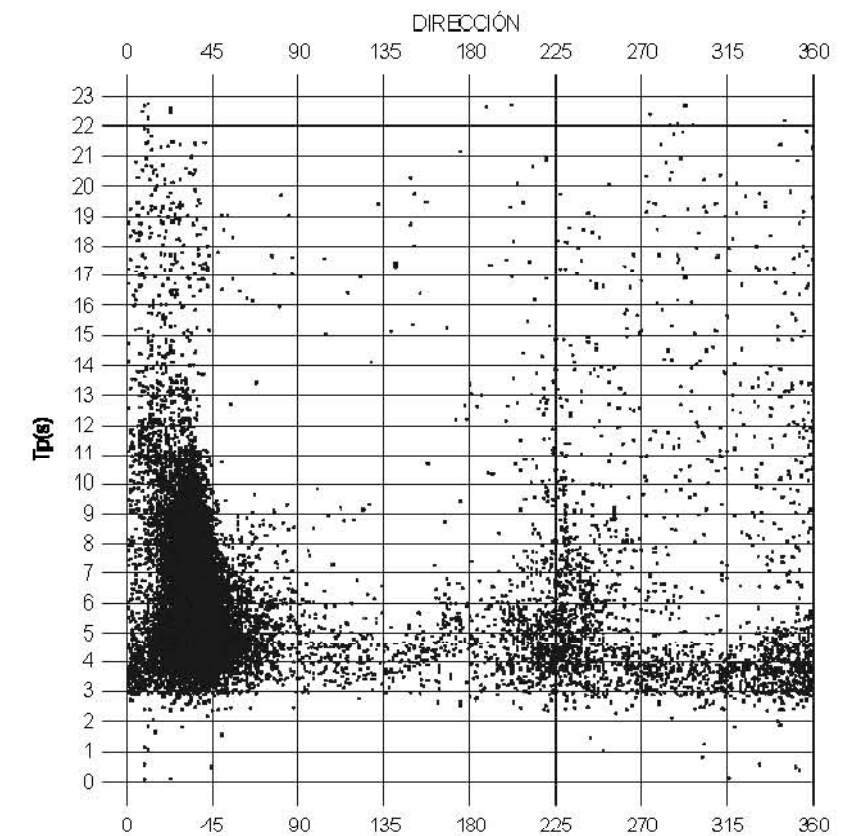
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.25



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente al punto
WANA 1025013 ajustado según la calibración realizada



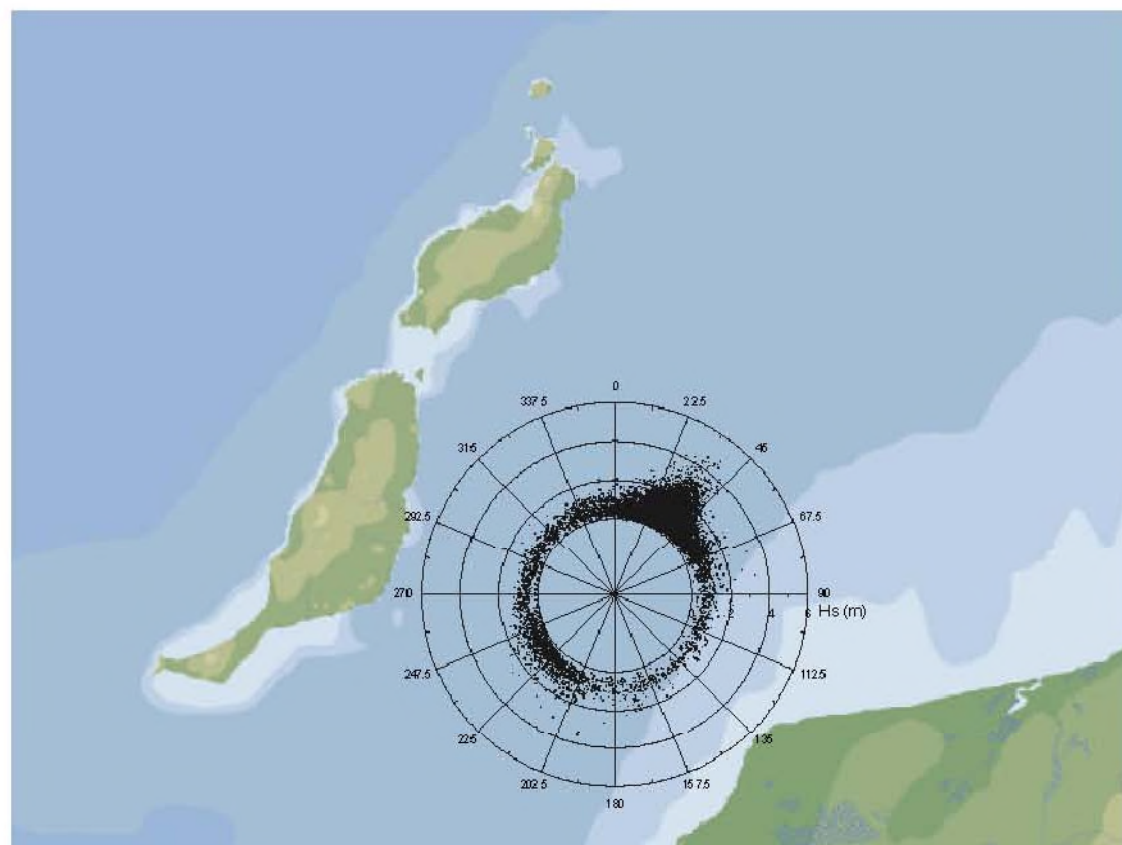
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.26



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Representación polar de los datos del punto WANA 1025013
ajustados según la calibración realizada



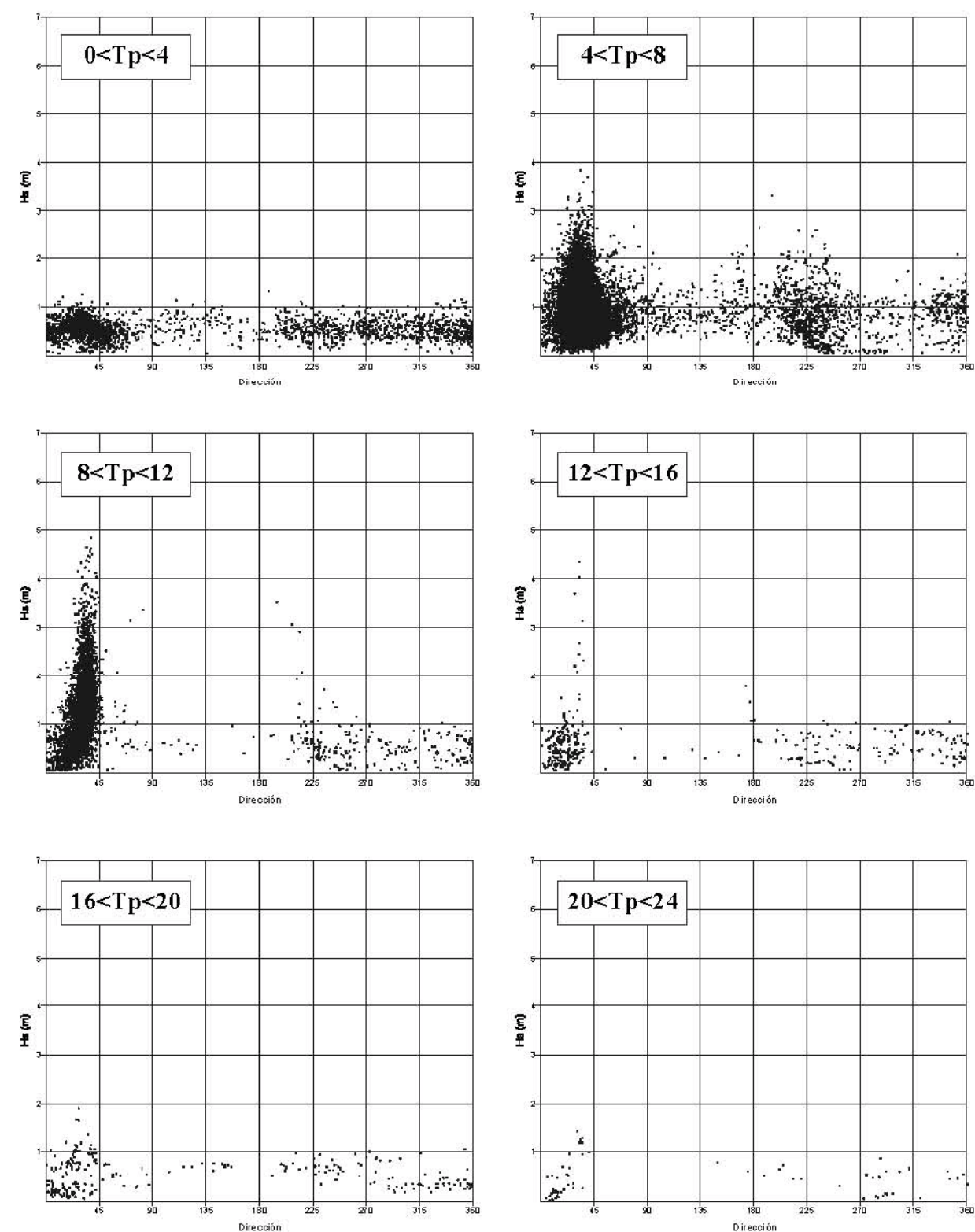
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.27



Serie de distribución Hs-Dirección para diferentes rangos de T_p
correspondientes al punto WANA 1025013 ajustado según
la calibración realizada



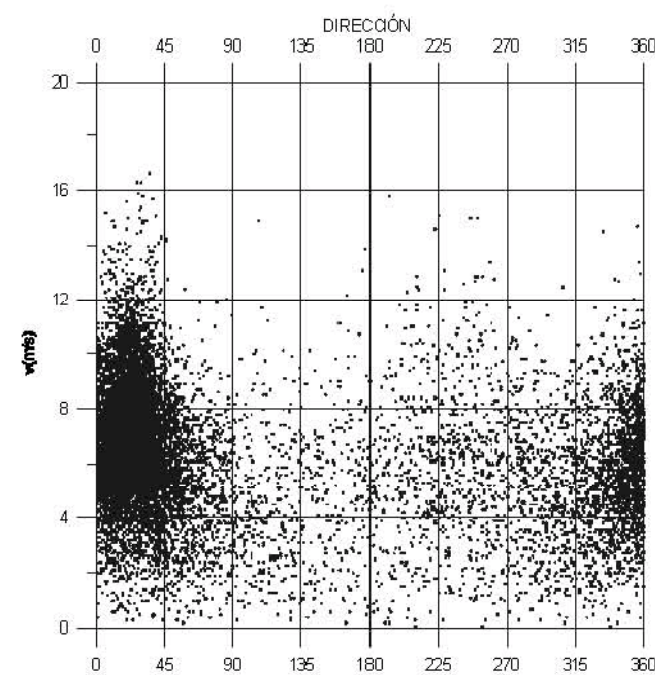
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.28

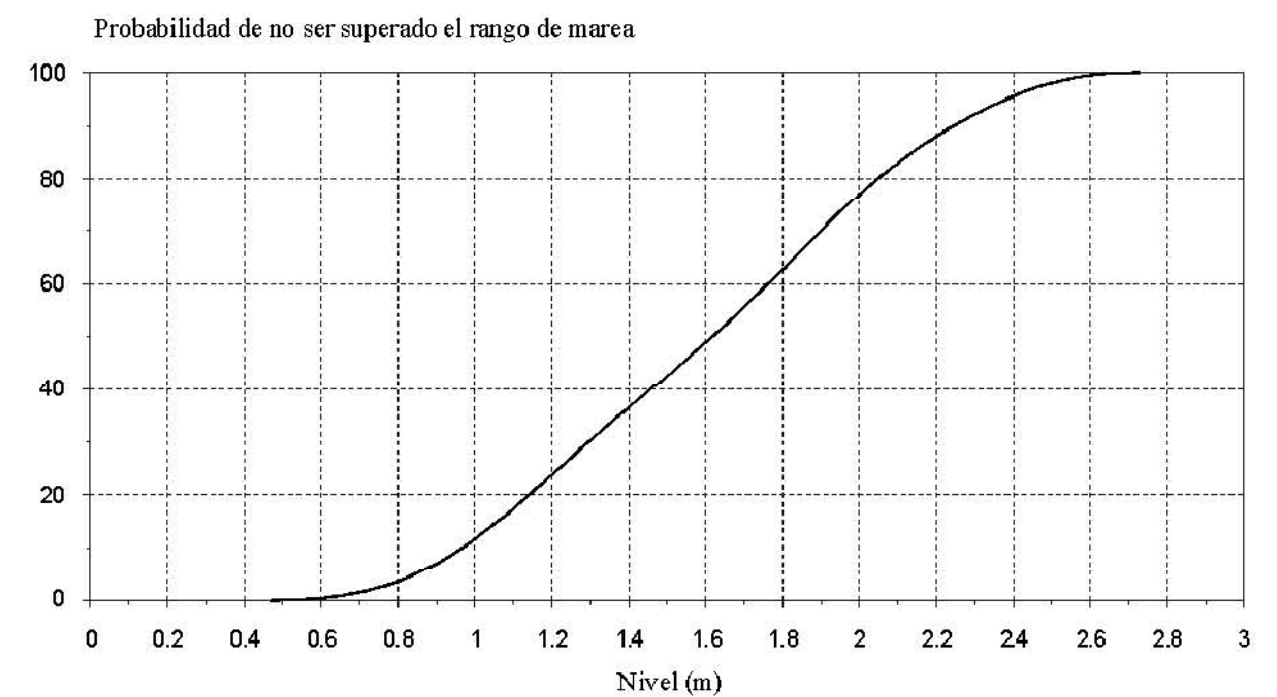
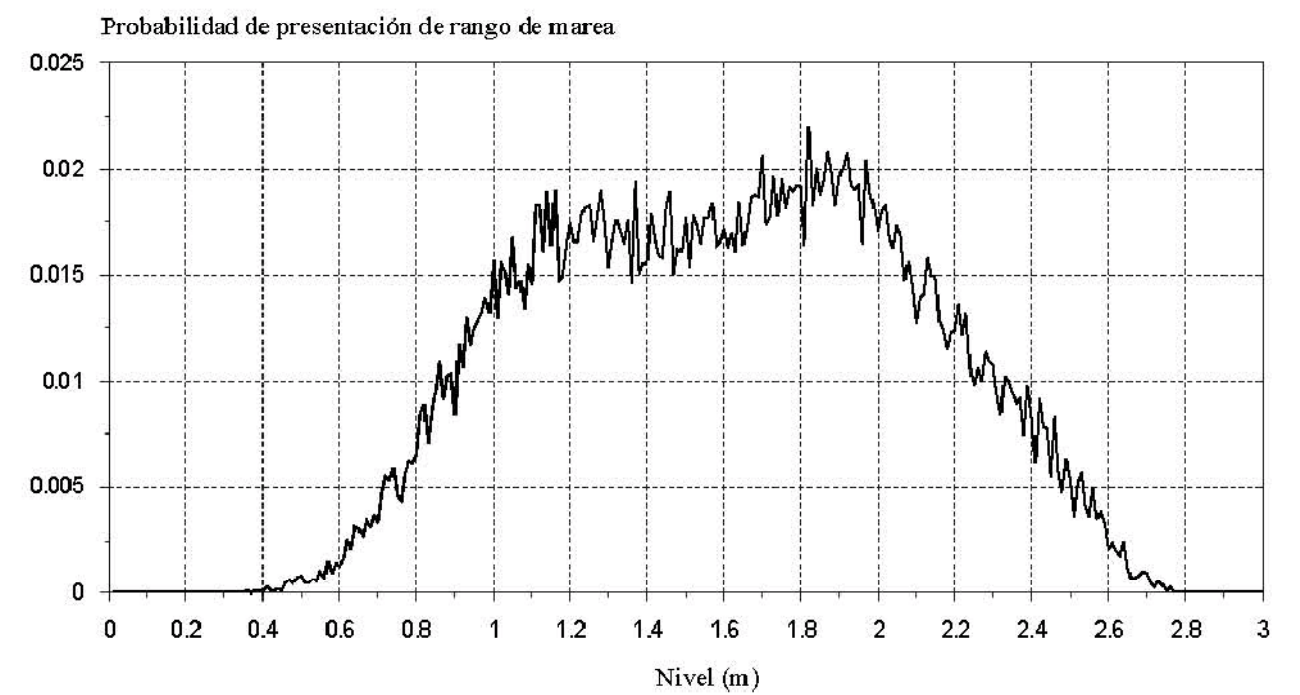


 **Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA**



HIDTMA

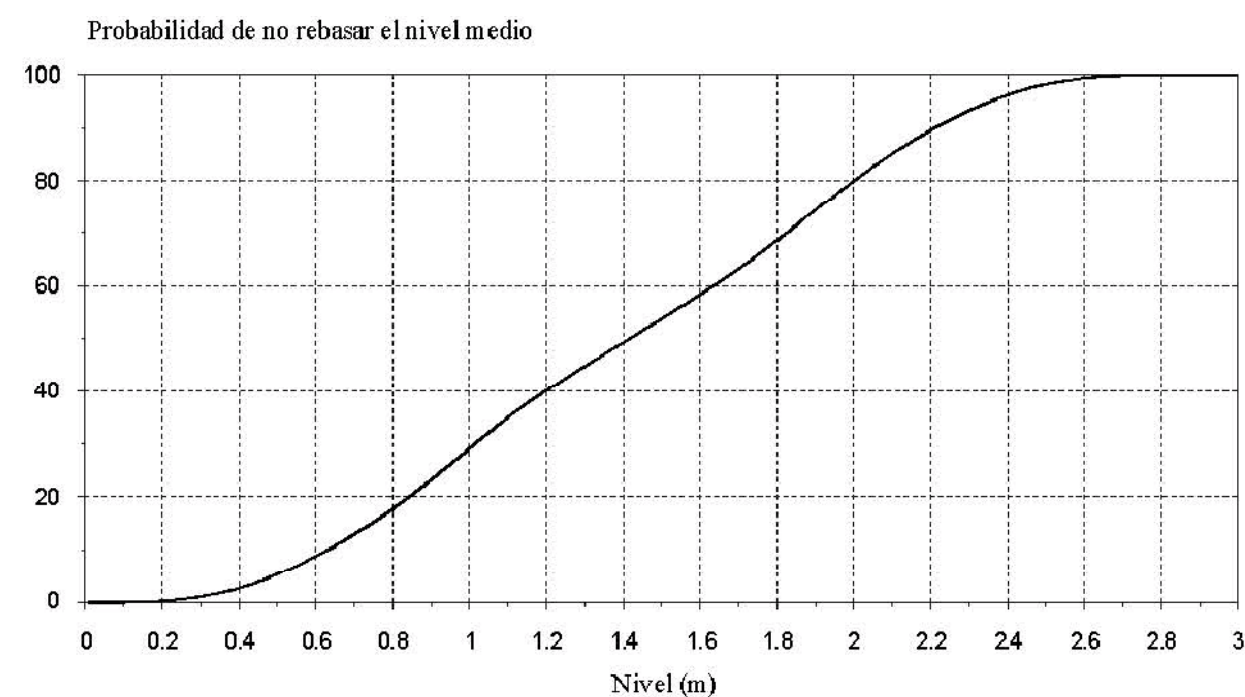
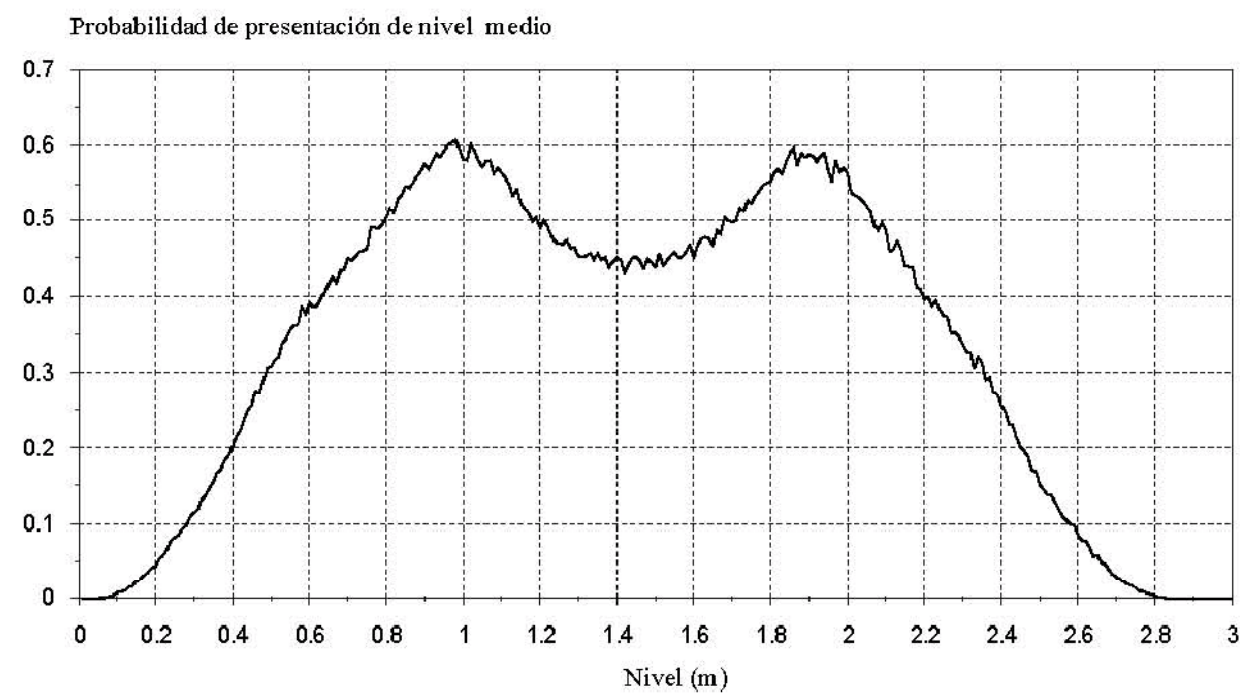
Actualización de Clima Marítimo

Figura 3.29

 **Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA**

HIDTMA
Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.30



Estadística de rangos de marea en las Islas Canarias



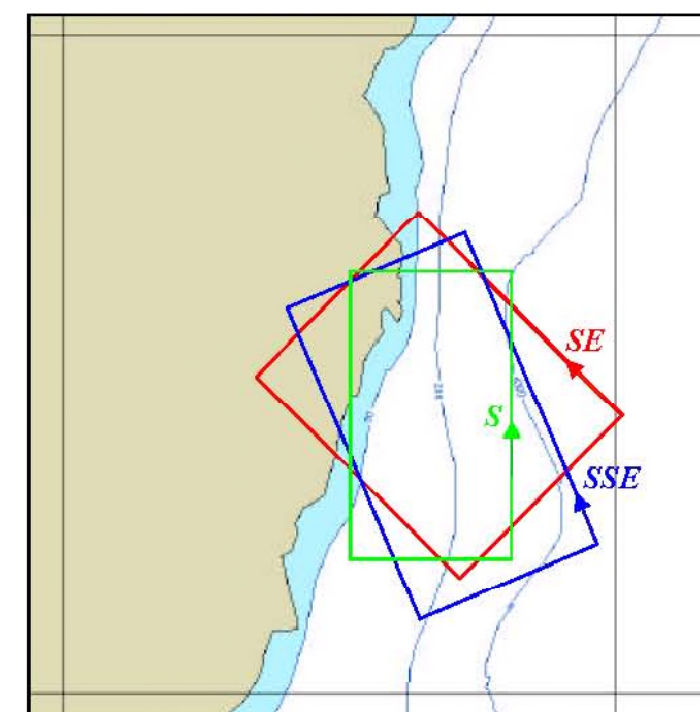
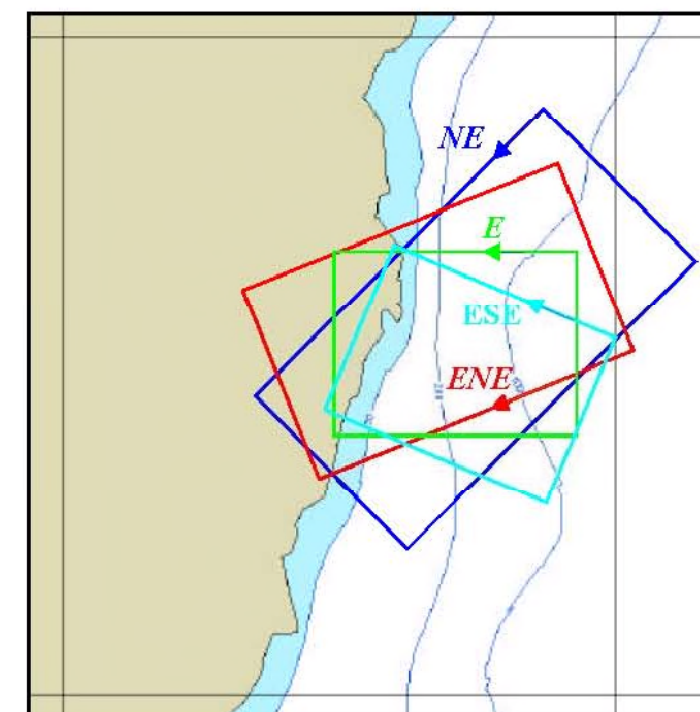
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.31



Mallas definidas para las simulaciones
de oleaje exterior



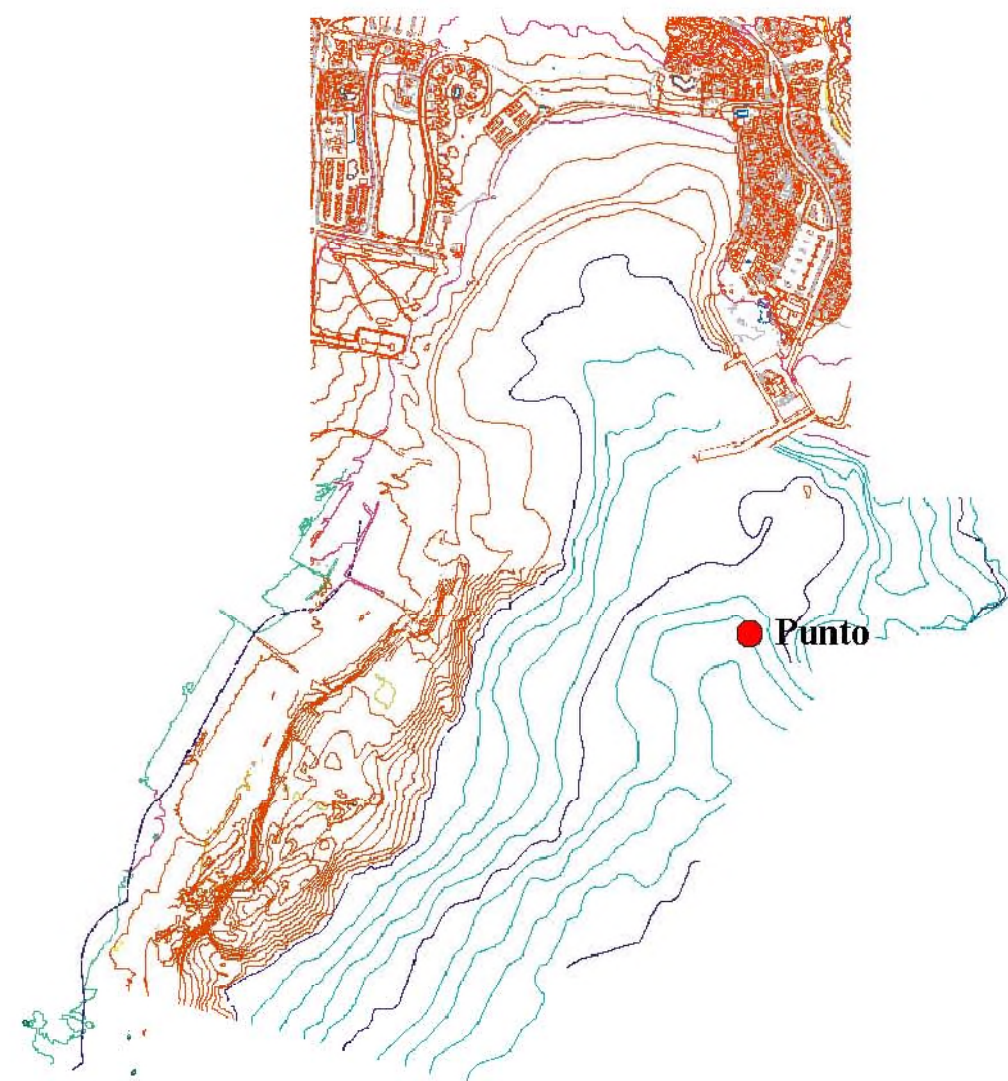
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.32



Ubicación del punto definido para la obtención de las condiciones de clima marítimo en la zona de estudio



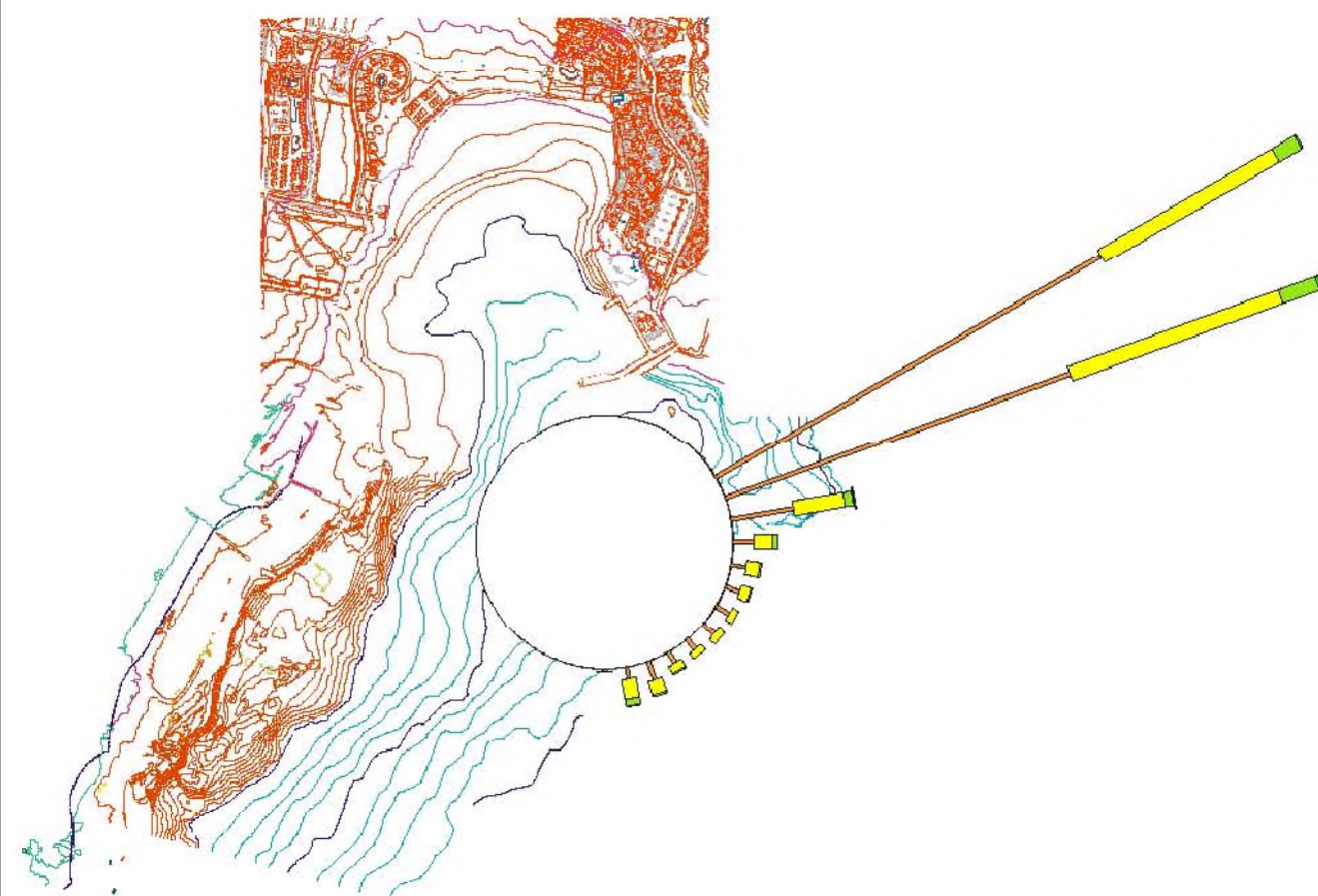
Clima marítimo y propagación de oleaje exterior



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 3.33



Rosa de oleaje correspondiente al punto WANA 1025013
calibrado y propagado hasta la zona de estudio



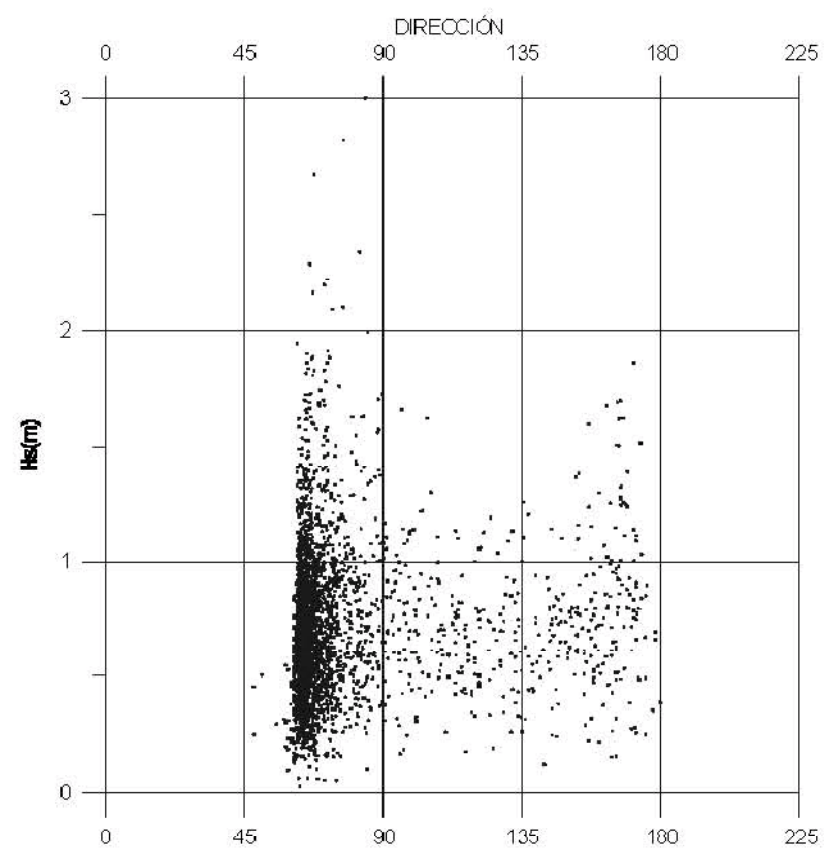
Clima marítimo y propagación de oleaje exterior



Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 3.34



Serie de distribución Hs-Dirección correspondiente al punto
WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio



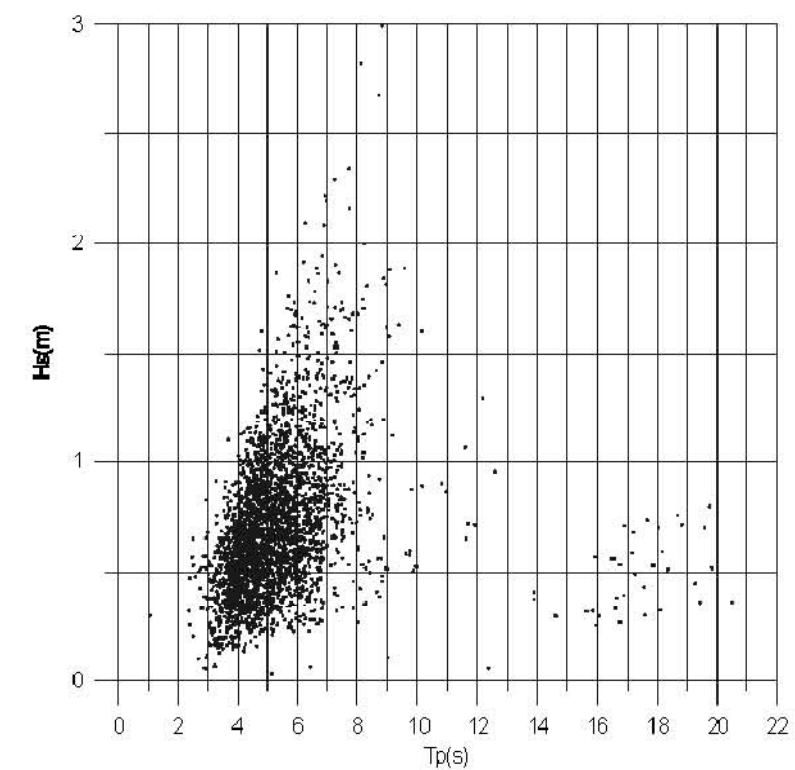
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.35



Serie de distribución Hs-Tp correspondiente al punto
WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio



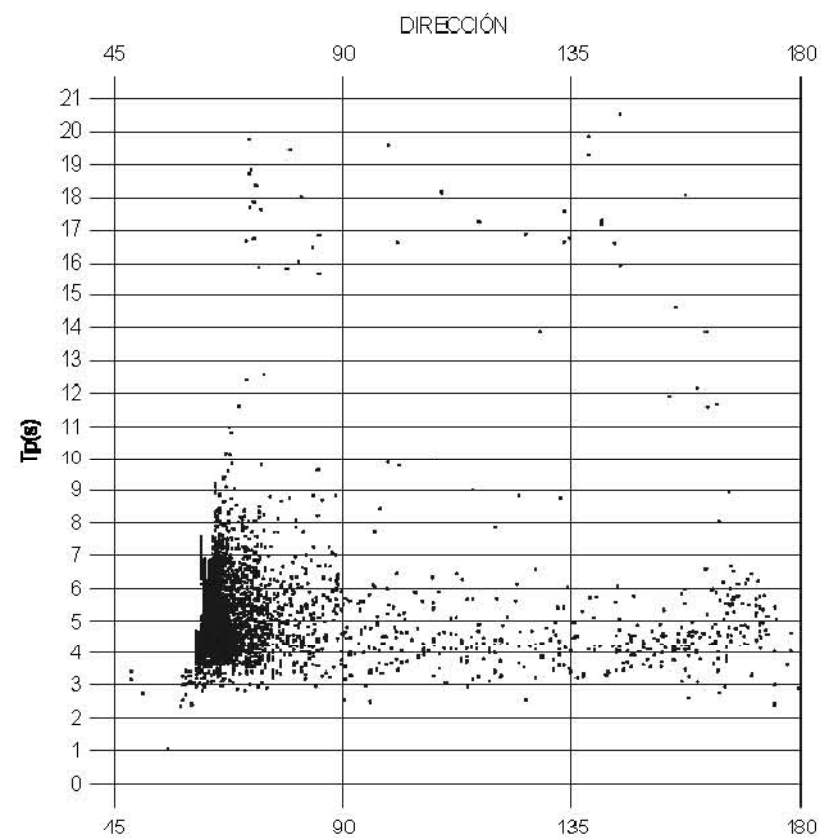
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.36



Serie de distribución Tp-Dirección correspondiente al punto
WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio

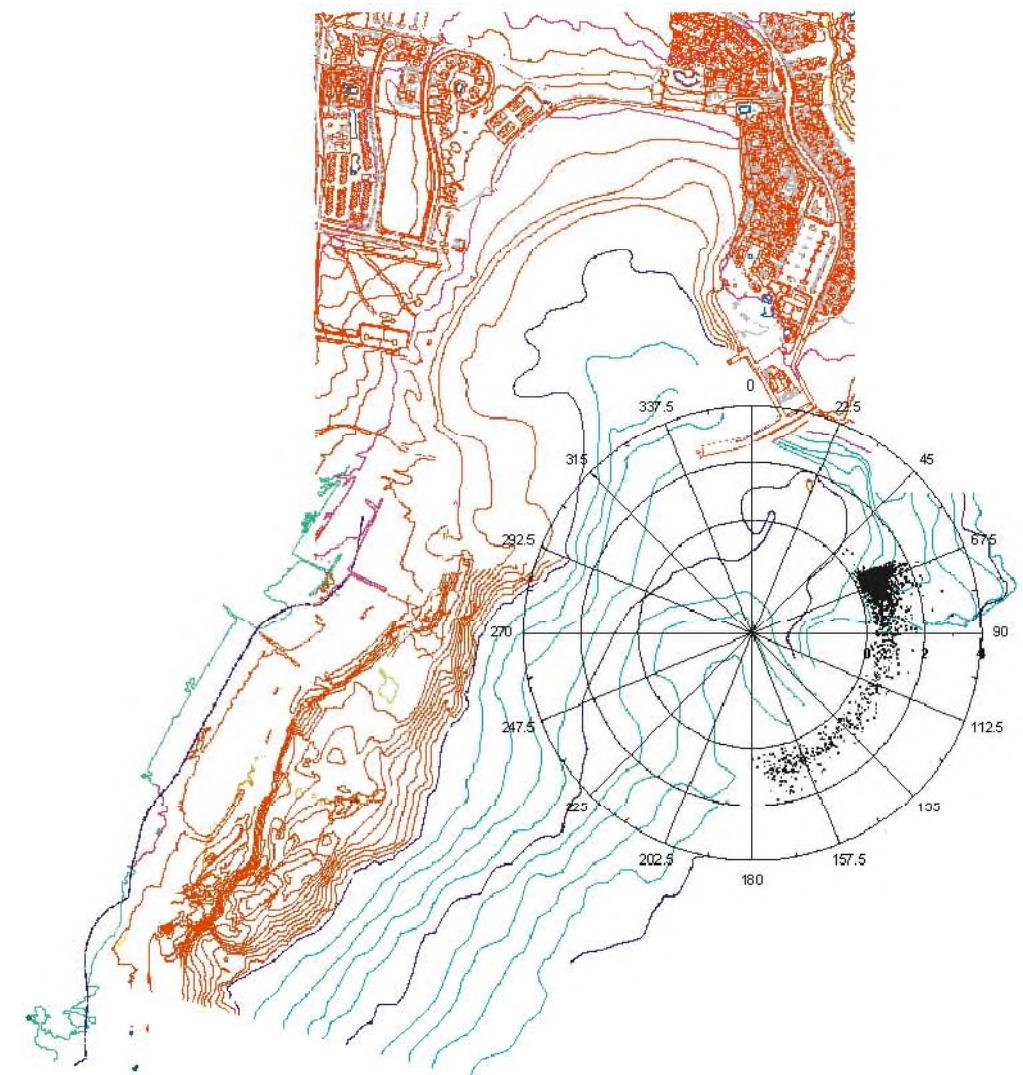


Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.37



Representación polar de los datos del punto WANA 1025013
calibrado y propagado hasta la zona de estudio

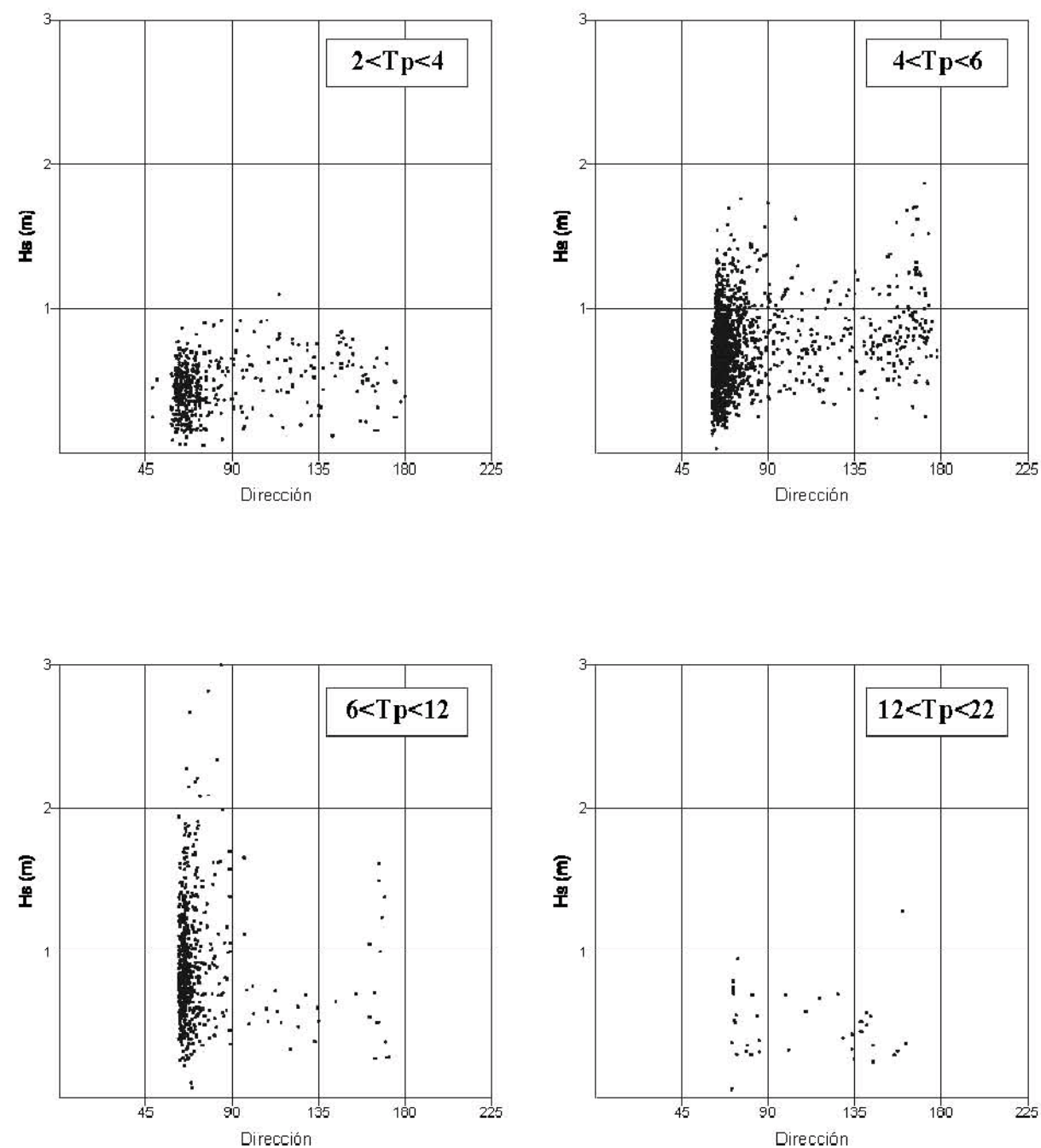


Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.38



Series de distribución Hs-Dirección para diferentes rangos de T_p correspondientes al punto WANA 1025013 calibrado y propagado hasta la zona de estudio

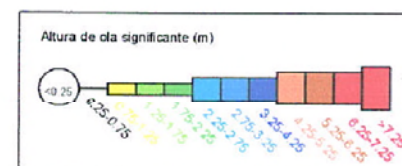
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Clima marítimo y propagación
de oleaje exterior

Figura 3.39



Dirección media de la energía incidente en Caleta de Fuste

HIDTMA

Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 4.1



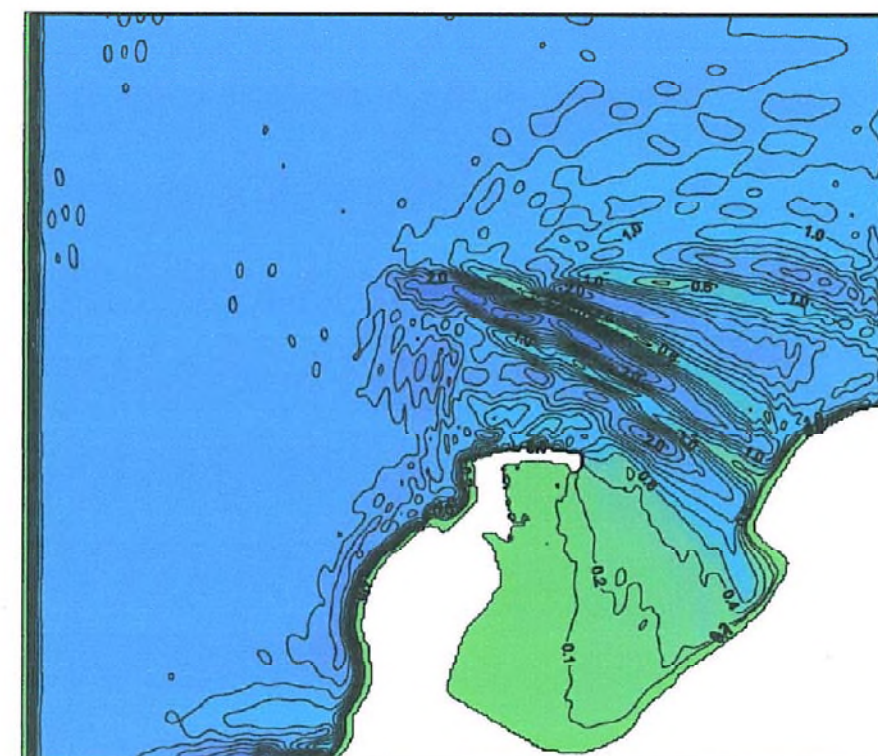
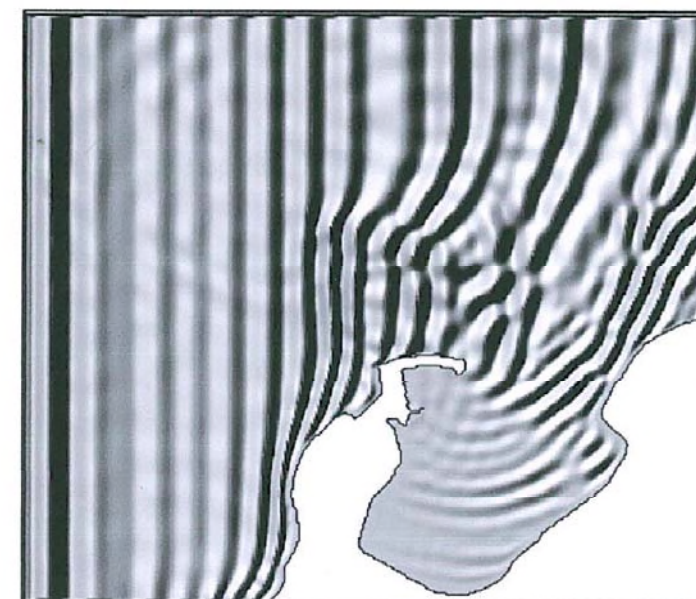
Planta de playa actual ajustada a espirales logaritmicas de 26°

HIDTMA

Ingeniero de Caminos
Carreles y Puertos:
Colegiado nº: 6.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 4.2



Hs (m)

3.00
2.80
2.60
2.40
2.20
2.00
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00

Propagación del oleaje exterior hasta la playa del Castillo.
Tp=09 sg. Hs=2.50 m en el exterior.

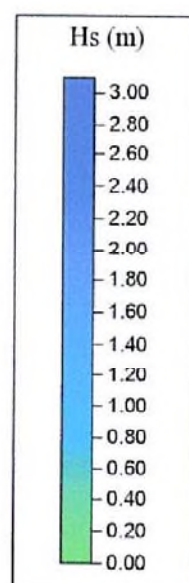
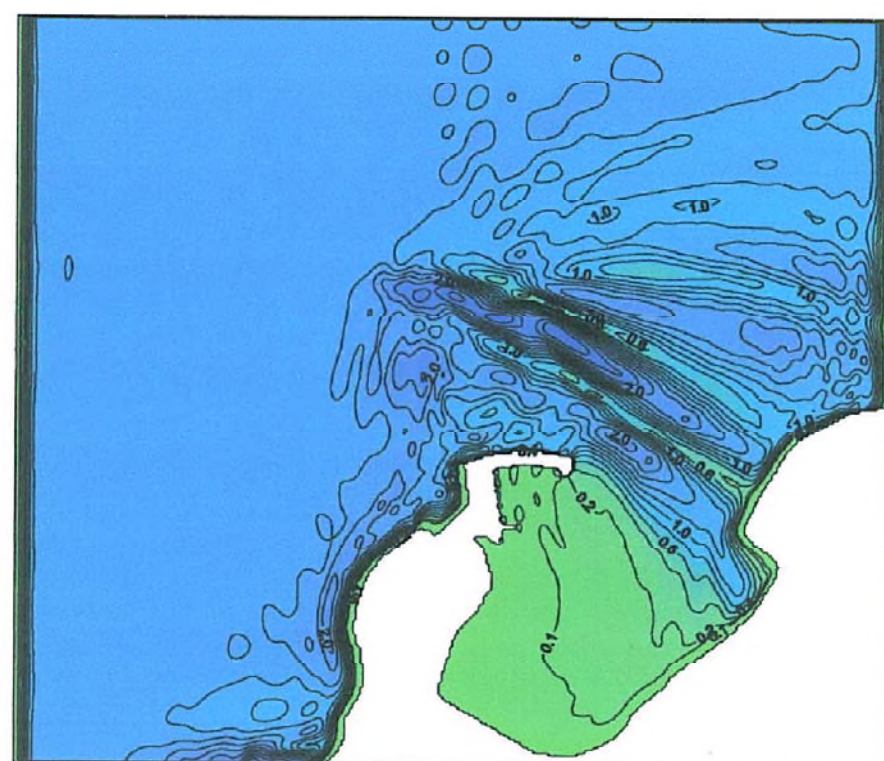
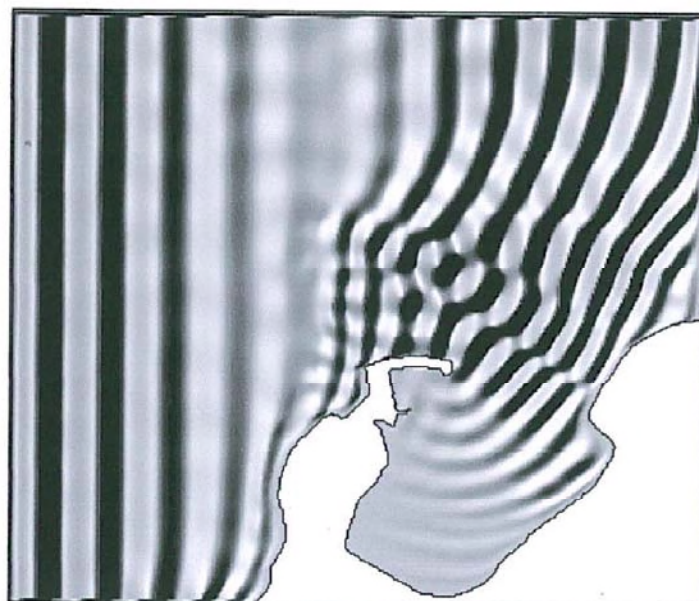
HIDTMA

Estabilidad de la playa

Ingeniero de Caminos
Carreles y Puertos:
Colegiado nº: 6.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 4.3



Propagación del oleaje exterior hasta la playa del Castillo.
Tp=12 sg. Hs=2.50 m en el exterior.

HIDTMA

Estabilidad de la playa

Figura 4.4



Esquema general de la alternativa 1, con obras de defensa

HIDTMA

Figura 5.1



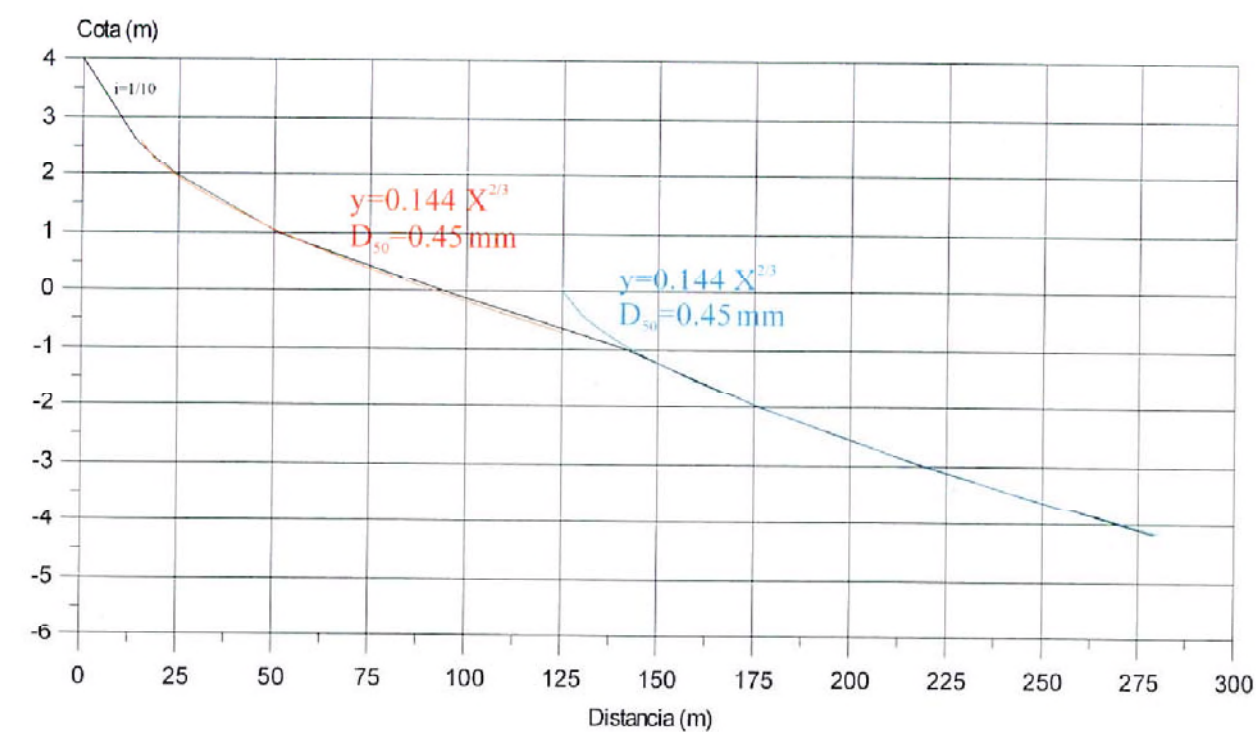
Esquema general de la alternativa 2, sin obras de defensa

HIDTMA

Ingeniero de Caminos
Carreles y Puertos:
Colegiado nº: 5.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 5.2



Perfil de equilibrio calculado para la playa regenerada del Castillo
Diámetro del sedimento D50=0.45 mm

HIDTMA

Ingeniero de Caminos
Carreles y Puertos:
Colegiado nº: 5.784
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

Figura 5.3



CLIMA EXTREMAL DE OLEAJE

ANEXO I.- DATOS DE OLEAJE

BOYA DE TENERIFE

CODIGO B.D.	1418	
LONGITUD	-16.248	E
LATITUD	28.455	N
PROFUNDIDAD	52	m
PERIODO	1981	2002

BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS
DE PUERTOS DEL ESTADO

NOTA:

El presente documento ha sido elaborado utilizando datos procedentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado.

Los datos utilizados proceden tanto de las Redes de Medida como de los Modelos con los que cuenta Puertos del Estado. Dichos datos han sido almacenados tras aplicar controles de calidad y procesos de validación que garanticen la mayor fiabilidad posible.

Los resultados contenidos en este documento tiene carácter consultivo u orientativo, por lo que en ningún caso Puertos del Estado se hará valedor o responsable de las consecuencias que se pudieran derivar de su uso.

INDICE

1	Análisis Extremal: Metodología	4
1.1	Sucesos extremos. Picos de una serie temporal.....	4
1.2	Distribución de la intensidad de los picos independientes	4
1.3	Distribución del numero de picos independientes.....	5
1.4	Distribución del máximo anual.....	5
1.5	Periodo de retorno.....	6
1.6	Probabilidad de fallo y vida útil.....	6
1.7	Utilizando la información extremal.	7
2	Resultados: Boya de Tenerife (1418)	8

1.- ANÁLISIS EXTREMAL: METODOLOGÍA

A la hora de dimensionar una estructura sometida a la acción del oleaje es necesario conocer o estimar la altura de ola significativa asociada a una cierta probabilidad de excedencia dentro del periodo de vida del proyecto.

Para determinar dicha altura de diseño se necesita, por tanto, modelar el comportamiento estadístico de aquellos valores de la serie de altura significativa, que por su magnitud pueden poner en riesgo la estructura proyectada.

El modelado de los valores extremos o máximos de una variable puede enfocarse de diversos modos. El método elegido, aquí, es el conocido como POT (peak over threshold) cuyas ideas y presupuesto básicos se exponen a continuación con el fin de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

1.1 Sucesos extremos. Picos de una serie temporal

El punto de partida del modelo extremal utilizado consiste en una serie temporal que recoge la evolución de la altura significativa a lo largo del tiempo, y de la cual se seleccionan aquellos máximos relativos o picos que superan un cierto umbral de riesgo o altura de corte H_c .

No obstante para que el análisis que se va a presentar tenga validez es necesario imponer una condición mas. Dicha condición consiste en que los picos estén suficientemente alejados entre si como para garantizar su independencia. En otras palabras, de todos los picos que superan el nivel H_c sólo se seleccionan aquellos que cumplen, por un lado ser los mayores o mas representativos de su entorno, y por otro lado estar suficientemente distantes entre si como para ser considerados independientes.

El tiempo mínimo que ha de mediar entre los diferentes picos para que éstos puedan considerarse independientes varía de una serie a otra y depende de la duración media de las situaciones atmosféricas que tienden a generar estados de oleaje extremo.

Al conjunto de máximos relativos que superan un cierto umbral y forman una muestra de valores independientes es a lo que denominaremos, conjunto de valores extremos o población extremal.

1.2 Distribución de la intensidad de los picos independientes

Una vez que se han seleccionado un conjunto de valores extremos el siguiente paso que se ha de dar es el de ajustar dichos valores a una función de distribución de probabilidad. Dicha distribución, que representaremos por $Fe(x/H_c)$, nos dará la probabilidad de que un pico independiente que supera el nivel de selección V_c tenga magnitud menor o igual que x , por tanto $Fe(x/H_c)$ representa una probabilidad condicionada.

La práctica muestra que, en general, los valores extremos de las series de oleaje se ajustan bastante bien a la distribución Weibull cuya expresión es la siguiente.

$$Fe(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right)^{\gamma}\right)$$

Los parámetros α , β y γ . son conocidos como parámetros de centrado, de escala, y de forma, respectivamente.

1.3 Distribución del número de picos independientes

En la sección anterior se presentó una distribución con la que describir la probabilidad de que dado un valor extremal, éste tenga una determinada intensidad. En esta sección, sin embargo, se dará un modelo con el que describir la probabilidad de que dicho valor extremal se dé; mas concretamente, un modelo que nos permita predecir la probabilidad de que en un año se den justamente n valores extremos.

El modelo adoptado para describir la probabilidad de que se den n valores extremos en un año es la distribución de Poisson cuya forma viene dada por la siguiente expresión.

$$P(n) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!}$$

En esta expresión $P(n)$ es la probabilidad de que se presenten n sucesos extremos en un año, y λ . es el número medio de sucesos extremos observados por año.

1.4 Distribución del máximo anual

Una vez que se ha descrito tanto la probabilidad de que se den n sucesos extremos en un año, como la probabilidad de que uno de esos sucesos extremos tenga una magnitud menor o igual a x , el siguiente paso es encontrar la distribución de probabilidad del máximo anual, la cual representaremos por $Fa(x)$.

La función de distribución $Fa(x)$ puede construirse a partir de $P(n)$ y de $Fe(x)$ con lo que se obtiene la siguiente expresión.

$$Fa(x) = e^{-\lambda(1-Fe(x))}$$

Donde $Fe(x)$ es la distribución Weibull descrita anteriormente.

1.5 Período de retorno.

El número de años que en término medio transcurre entre dos excedencias sucesivas de un valor dado x es lo que se denomina período de retorno asociado al valor x . Dicha magnitud, que representaremos por $Pr(x)$, puede obtenerse a través de Pa mediante la siguiente expresión.

$$Pr(x) = \frac{1}{1 - Fa(x)}$$

En general, no obstante, no se está tan interesado en conocer el período de retorno asociado a un determinado valor de Hs , como en conocer cuál es el valor de Hs asociado a cierto período de retorno Pr . Esto se puede conseguir a través de la expresión siguiente.

$$x_r = \beta \left(-\ln \left(\frac{1}{\lambda Pr} \right) \right)^{\frac{1}{r}} + \alpha$$

Donde x_r es la altura asociada a un período de retorno Pr , r es el número medio de tormentas por año, y α , β y λ son los parámetros de la distribución Weibull ajustada a los picos de la serie.

1.6 Probabilidad de fallo y vida útil.

La estimación de la altura de diseño Hd requiere de la especificación de dos cantidades; la primera, es la vida del proyecto, la cual será representada por L ; la segunda, es la probabilidad de fallo que se está dispuesto a admitir dentro de dicho período de vida, la cual se representará por pex . Ambas cantidades, se fijan a partir de las características de la estructura, de su precio, y de las consecuencias derivadas de su posible avería.

Suponiendo que el tiempo transcurrido antes de fallo puede modelarse por una distribución exponencial, el período de retorno asociado a la altura de diseño Hd puede estimarse a partir de la vida útil L y de la probabilidad de fallo pex mediante la siguiente expresión

$$Pr = -\frac{L}{\ln(1 - pex)}$$

1.7 Utilizando la información extremal.

De forma general, en estos informes la información extremal se condensa en páginas en las que se incluyen

- Gráfica con el ajuste de los valores extremos a una distribución Weibull.

En dicho gráfico en el eje de ordenadas se representan las alturas, y en el de abscisas las probabilidades de no excedencia condicionadas; es decir, probabilidad de que un valor máximo que a superado el nivel de corte, sin embargo no supere una cierta magnitud $H > Hc$.

Los puntos representan los valores extremos observados, y la recta la función de distribución ajustada. Junto a la recta de ajuste aparecen las bandas de confianza al 90%. En la parte superior aparecen distintos valores de período de retorno, de los que parten líneas verticales punteadas. La intersección de dichas líneas con la recta de ajuste nos proporciona las velocidades de retorno esperadas.

- Tabla con una lista de períodos de retorno seleccionados a priori y valores de Hs asociados.

- Tabla con los parámetros α , β , y γ de la distribución extremal $Fe(x)$.

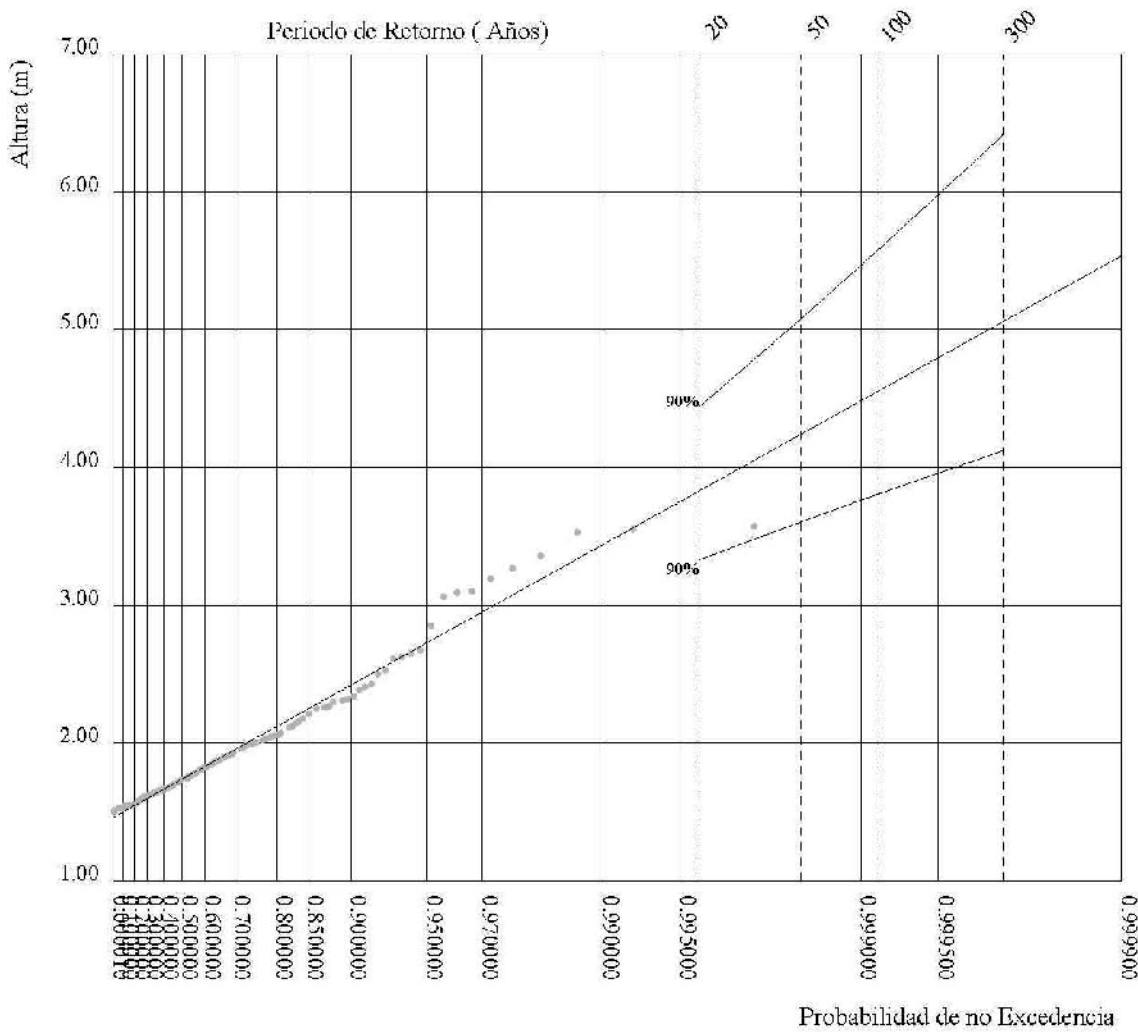
- Tabla con el nivel de corte (Hc) y el número medio de sucesos extremos asociados (r).

2 Resultados: Boya de Tenerife (1418)

REGIMEN EXTREMAL GLOBAL

1

LUGAR : Tenerife PERIODO : Anual
PARÁMETRO : Altura Significativa de Ola SERIE ANALIZADA : Feb. 1981 - Dic. 2002



P. de Retorno (Años)	20.00	50.00	100.00	300.00
Altura Asociada (m)	3.82	4.24	4.55	5.06
Banda Sup. 90% (m)	4.44	5.08	5.59	6.42

Parámetros de la Distribución Weibull	Alfa = 1.46	Lambda	11.79
	Beta = 0.40	Nivel de Corte (m)	1.50
	Gamma = 0.96		



CLIMA MEDIO DE OLEAJE

BOYA DE TENERIFE

CODIGO B.D.	1418
LONGITUD	16.248 E
LATITUD	28.455 N
PROFUNDIDAD	32 m
PERIODO	1981 2003

BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS
DE PUERTOS DEL ESTADO

NOTA:

El presente documento ha sido elaborado utilizando datos procedentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado.

Los datos utilizados proceden tanto de las Redes de Medida como de los Modelos con los que cuenta Puertos del Estado. Dichos datos han sido almacenados tras aplicar controles de calidad y procesos de validación que garanticen la mayor fiabilidad posible.

Los resultados contenidos en este documento tiene carácter consultivo u orientativo, por lo que en ningún caso Puertos del Estado se hará valedor o responsable de las consecuencias que se pudieran derivar de su uso.

INDICE

1 Metodología	4
1.1 Relaciones Hs - Hmax	4
1.2 Régimen Medio	5
2 Tenerife	6
2.1 Tablas Hs-Tp (Anual)	6
2.2 Tablas Hs-Tp (Estacional)	7
2.3 Régimen Medio de Hs (Anual)	11
2.4 Régimen Medio de Hs (Estacional)	12

1 METODOLOGÍA

1.1 Relaciones H_s - H_{max}

Cálculo de la Altura Máxima H_{max} : considerando que el comportamiento estadístico de las alturas de ola de un estado de mar puede describirse según una distribución de Rayleigh, la Altura de Ola Máxima H_{max} y la Altura Significativa H_s asociadas a un mismo estado de mar se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$H_{max} = (1,5 \sim 1,9) H_s$$

siendo la relación más utilizada (en media)

$$H_{max} = 1,6 H_s$$

Y comúnmente, para obras marítimas en costa,

$$H_{max} = 1,7 H_s$$

1.2 Régimen Medio

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que más probablemente nos podemos encontrar.

Si representáramos los datos en forma de histograma no acumulado, el régimen medio vendría definido por aquella banda de datos en la que se contiene la masa de probabilidad que hay entorno al máximo del histograma.

El régimen medio se describe, habitualmente, mediante una distribución teórica que ajusta dicha zona media o central del histograma. Es decir no todos los datos participan en el proceso de estimación de los parámetros de la distribución teórica, solo lo hacen aquellos datos cuyos valores de presentación caen en la zona media del histograma.

La distribución elegida para describir el régimen medio de las series de oleaje es Weibull cuya expresión es la siguiente.

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \beta}{A}\right)^c\right)$$

El parámetro B es conocido como parámetro de centrado y su valor a de ser menor que el menor de los valores ajustados; A es el parámetro de escala y ha de ser mayor que 0; y, finalmente, C es el parámetro de forma y suele moverse entre 0.5 y 3.5

El régimen medio, generalmente, suele representarse de una forma grafica mediante un histograma acumulado y el correspondiente ajuste teórico, todo ello en una escala especial en la cual Weibull aparece representada como una recta.

Ajustar los datos a una distribución teórica, en vez de utilizar el histograma permite obtener una expresión compacta que suaviza e interpola la información proporcionada por el histograma.

El régimen medio esta directamente relacionado con lo que se denominan condiciones medias de operatividad. Es decir, caracteriza el comportamiento probabilística del régimen de viento u oleaje en el que por termino medio se va desenvolver una determinada actividad influida por uno de estos agentes.

En éste informe se presenta el régimen medio siguiendo diferentes criterios de selección o agrupación de los datos. En primer lugar se presenta el régimen medio sobre la totalidad de los años completos registrados; seguidamente se presentan los regimenes medios estimados sobre los datos agrupados por estaciones climáticas; y, finalmente, y de modo opcional, los regimenes medios para los datos agrupados por direcciones.

2 Tenerife

2.1 TABLAS HS-TP (ANUAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Oct. 1985 - Dic. 2002

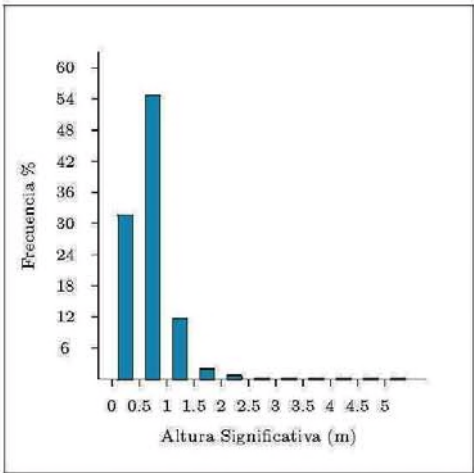
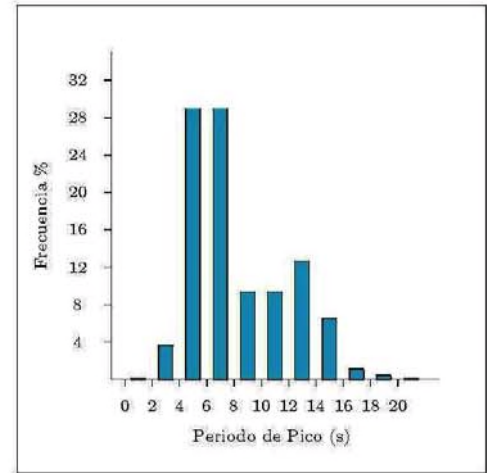


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	1.227	4.972	3.664	3.228	6.560	8.119	3.300	.501	.108	.005	31.684
1.0	-	2.139	21.334	17.744	3.154	2.435	4.387	2.871	.596	.187	.016	54.864
1.5	-	.027	2.379	6.716	1.974	.084	.061	.133	.052	.016	.011	11.453
2.0	-	-	.276	.678	.635	.016	-	-	.002	.002	-	1.608
2.5	-	-	-	.018	.142	.154	.025	-	-	-	-	.339
3.0	-	-	-	-	.018	.018	.005	-	-	-	-	.041
3.5	-	-	-	-	.007	.002	.002	-	-	-	-	.011
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	3.393	28.978	28.969	9.165	9.126	12.567	6.305	1.152	.314	.032	100 %

2.2 TABLAS HS-TP (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife

PERIODO : Dic. - Feb.

SERIE ANALIZADA : Oct. 1985 - Dic. 2002

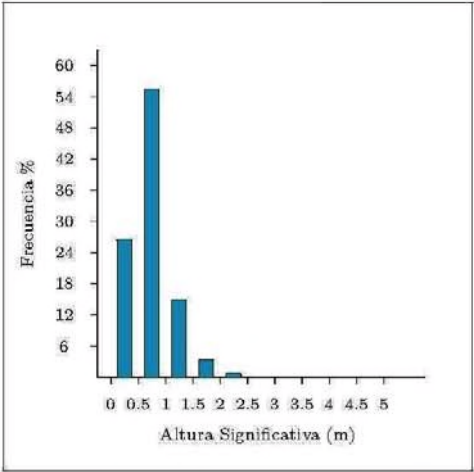
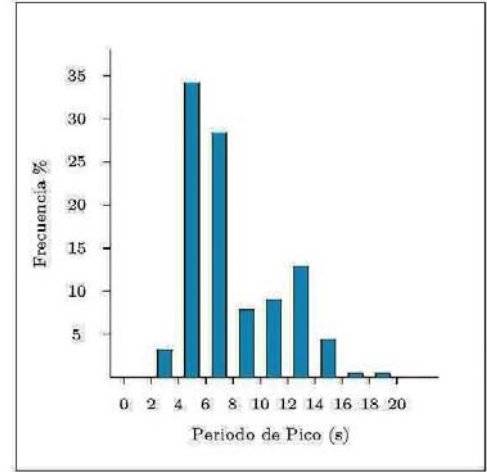


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	1.027	3.335	3.099	2.327	5.774	8.280	2.543	.094	.104	-	26.583
1.0	-	2.006	25.151	15.288	2.779	3.099	4.569	1.790	.301	.179	.019	55.181
1.5	-	.028	4.766	7.894	1.686	.066	.009	.057	.019	-	-	14.525
2.0	-	-	.697	1.469	.801	-	-	-	-	-	-	2.967
2.5	-	-	.019	.405	.170	-	-	-	-	-	-	.593
3.0	-	-	-	.075	.038	-	-	-	-	-	-	.113
3.5	-	-	-	.028	.009	-	-	-	-	-	-	.038
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	3.061	33.968	28.259	7.809	8.939	12.858	4.390	.414	.283	.019	100 %

TABLAS Hs-Tp (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife

PERIODO : Mar. - May.

SERIE ANALIZADA : Oct. 1985 - Dic. 2002

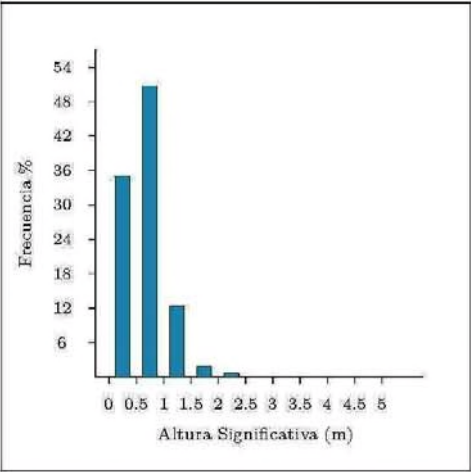
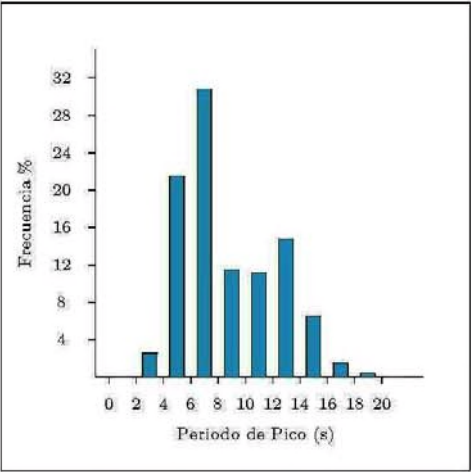


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	.888	3.763	3.209	3.790	8.476	10.235	3.543	.624	.141	-	34.670
1.0	-	1.512	15.757	19.590	3.201	2.418	4.449	2.937	.668	.202	.018	50.752
1.5	-	.026	1.644	7.421	3.007	.106	.062	.026	.018	-	-	12.310
2.0	-	-	.273	.422	1.055	.053	-	-	-	-	-	1.803
2.5	-	-	.018	.097	.229	.062	-	-	-	-	-	.404
3.0	-	-	-	-	.035	.018	-	-	-	-	-	.053
3.5	-	-	-	-	-	.009	-	-	-	-	-	.009
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	2.427	21.454	30.739	11.316	11.140	14.745	6.507	1.310	.343	.018	100 %

TABLAS Hs-Tp (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Oct. 1985 - Dic. 2002

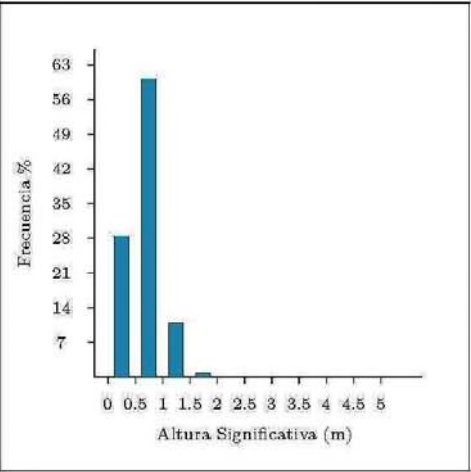
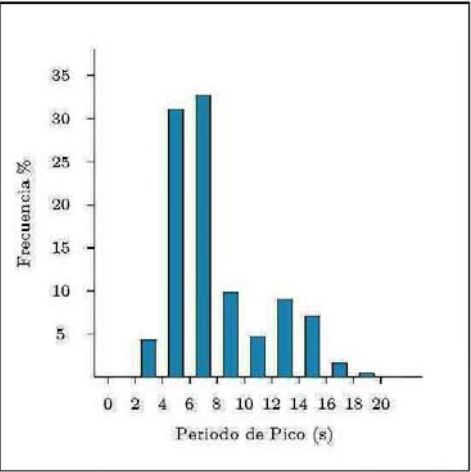


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	1.364	7.393	4.540	3.042	3.212	5.061	2.925	.529	.099	.009	28.174
1.0	-	2.719	21.983	20.960	4.145	1.516	3.939	3.625	1.014	.206	.009	60.117
1.5	-	.045	1.615	6.406	2.037	.063	.090	.341	.135	.027	-	10.758
2.0	-	-	.009	.476	.341	-	-	-	-	-	-	.825
2.5	-	-	-	.018	.108	-	-	-	-	-	-	.126
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	4.127	31.000	32.400	9.672	4.791	9.089	6.891	1.678	.332	.018	100 %

TABLAS Hs-Tp (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Oct. 1985 - Dic. 2002

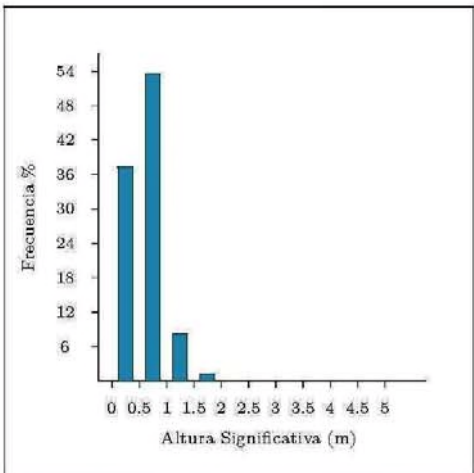
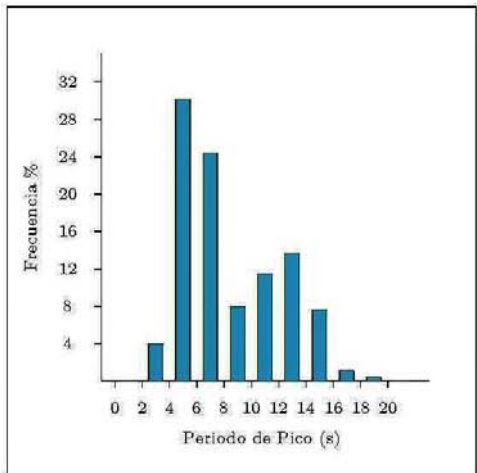
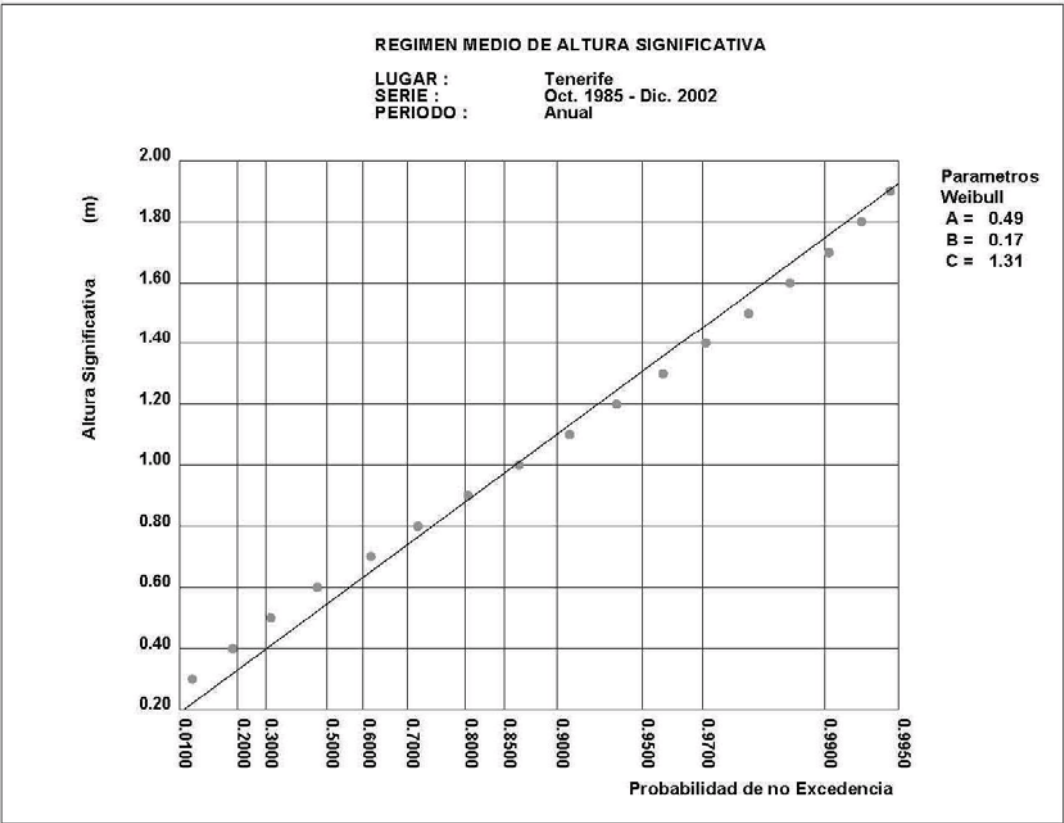


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	1.626	5.344	3.790	3.700	8.703	8.865	4.149	.736	.090	.009	37.013
1.0	-	2.326	22.741	14.981	2.470	2.739	4.599	3.081	.386	.162	.018	53.503
1.5	-	.009	1.617	5.182	1.132	.099	.081	.108	.036	.036	.045	8.344
2.0	-	-	.144	.386	.341	.009	-	-	.009	.009	-	.898
2.5	-	-	.036	.063	.108	.036	-	-	-	-	-	.243
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	3.961	29.881	24.403	7.751	11.586	13.544	7.338	1.168	.296	.072	100 %

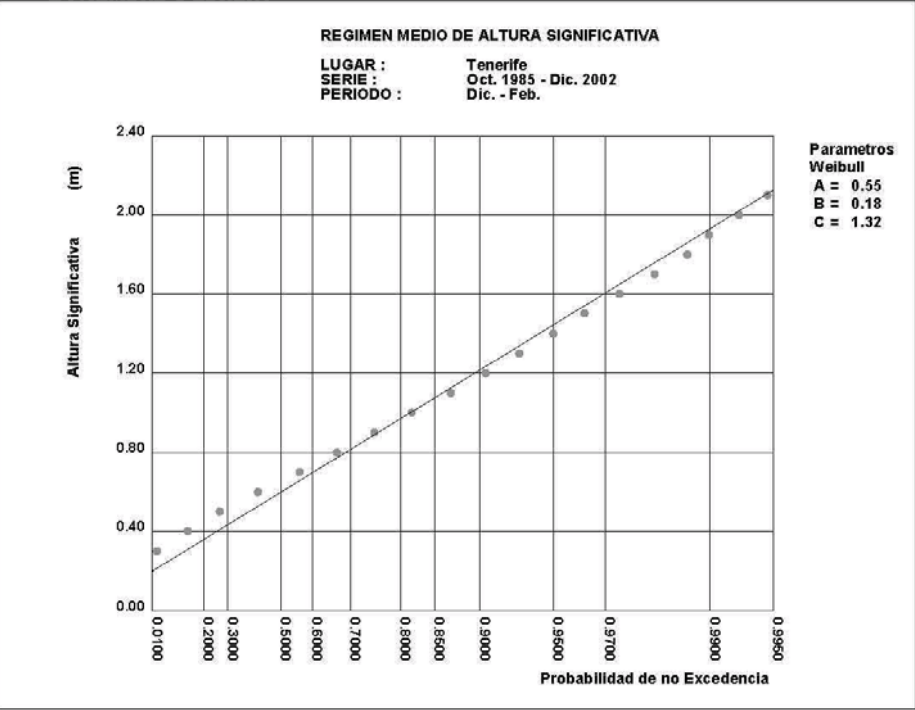
2.3 REGIMEN MEDIO DE HS (ANUAL)

ANUAL



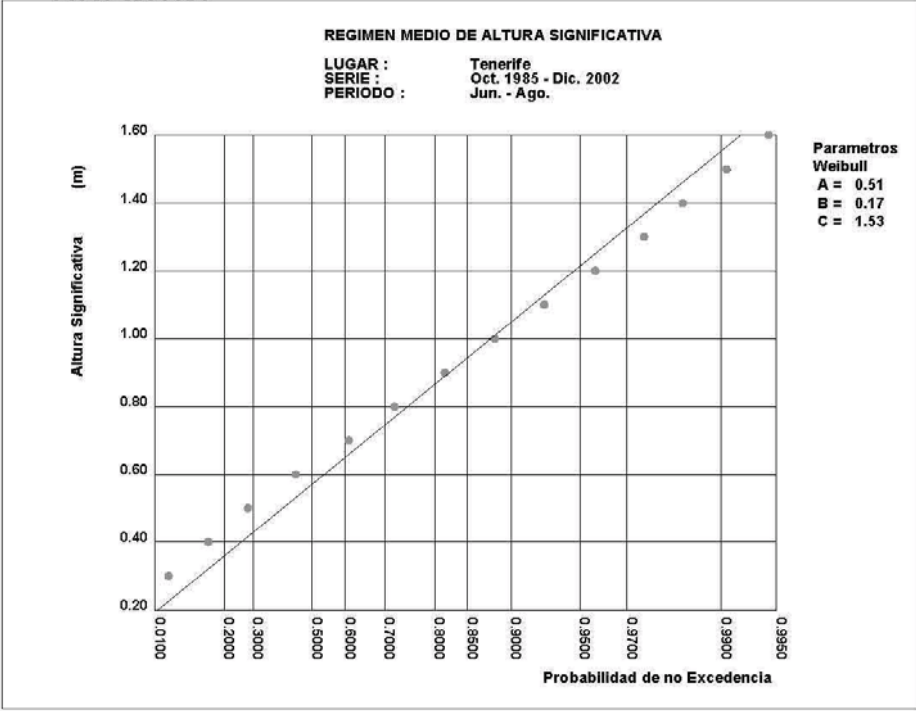
2.4 REGIMEN MEDIO DE HS (ESTACIONAL)

DICIEMBRE-FEBRERO

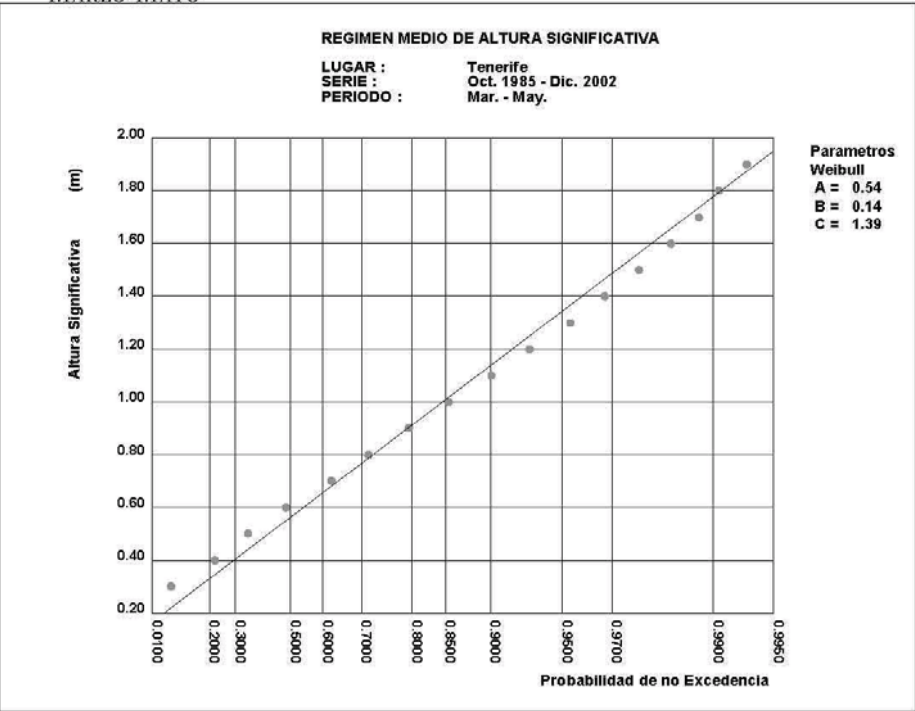


REGIMEN MEDIO DE HS (ESTACIONAL)

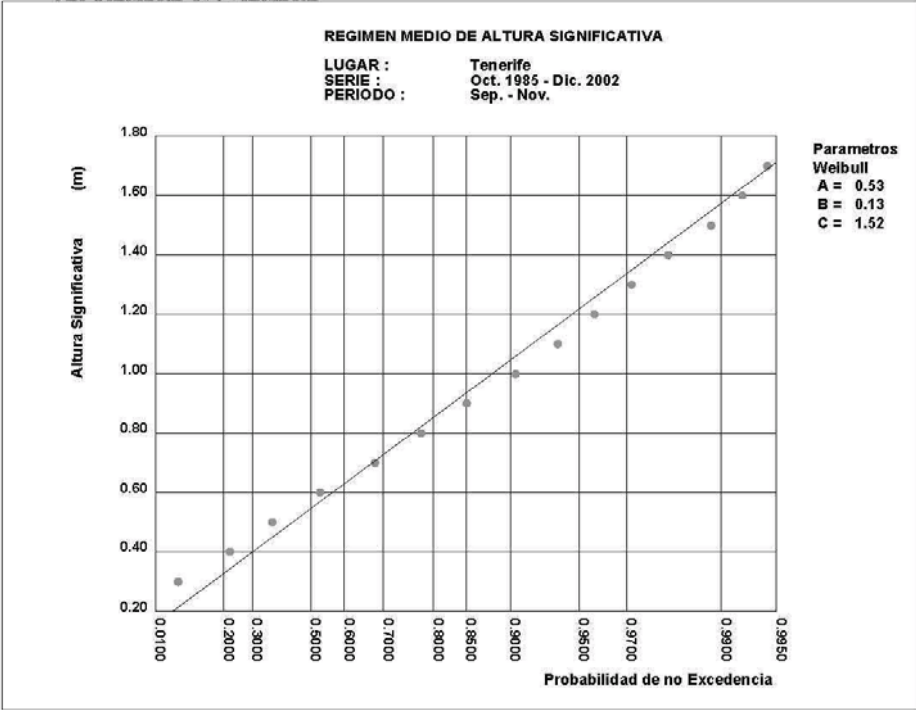
JUNIO-AGOSTO



MARZO-MAYO



SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE





CLIMA EXTREMAL DE OLAJE

BOYA DE TENERIFE

CODIGO B.D.	2446	
LONGITUD	-16.577	E
LATITUD	27.991	N
PROFUNDIDAD	710	m
PERIODO	1998	2002

BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS DE PUERTOS DEL ESTADO

NOTA:

El presente documento ha sido elaborado utilizando datos procedentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado.

Los datos utilizados proceden tanto de las Redes de Medida como de los Modelos con los que cuenta Puertos del Estado. Dichos datos han sido almacenados tras aplicar controles de calidad y procesos de validación que garanticen la mayor fiabilidad posible.

Los resultados contenidos en este documento tiene carácter consultivo u orientativo, por lo que en ningún caso Puertos del Estado se hará valedor o responsable de las consecuencias que se pudieran derivar de su uso.

INDICE

1 Análisis Extremal: Metodología4

1.1 Sucesos extremos. Picos de una serie temporal..... 4

1.2 Distribución de la intensidad de los picos independientes 4

1.3 Distribución del número de picos independientes..... 5

1.4 Distribución del máximo anual..... 5

1.5 Período de retorno..... 6

1.6 Probabilidad de fallo y vida útil..... 6

1.7 Utilizando la información extremal. 7

2 Resultados: Boya de Tenerife (2446)8

1 Análisis Extremal: Metodología

A la hora de dimensionar una estructura sometida a la acción del oleaje es necesario conocer o estimar la altura de ola significativa asociada a una cierta probabilidad de excedencia dentro del periodo de vida del proyecto.

Para determinar dicha altura de diseño se necesita, por tanto, modelar el comportamiento estadístico de aquellos valores de la serie de altura significativa, que por su magnitud pueden poner en riesgo la estructura proyectada.

El modelado de los valores extremos o máximos de una variable puede enfocarse de diversos modos. El método elegido, aquí, es el conocido como POT (peak over threshold) cuyas ideas y presupuesto básicos se exponen a continuación con el fin de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

1.1 Sucesos extremos. Picos de una serie temporal

El punto de partida del modelo extremal utilizado consiste en una serie temporal que recoge la evolución de la altura significativa a lo largo del tiempo, y de la cual se seleccionan aquellos máximos relativos o picos que superan un cierto umbral de riesgo o altura de corte *H_c*.

No obstante para que el análisis que se va a presentar tenga validez es necesario imponer una condición mas. Dicha condición consiste en que los picos estén suficientemente alejados entre si como para garantizar su independencia. En otras palabras, de todos los picos que superan el nivel *H_c* sólo se seleccionan aquellos que cumplen, por un lado ser los mayores o más representativos de su entorno, y por otro lado estar suficientemente distantes entre si como para ser considerados independientes.

El tiempo mínimo que ha de mediar entre los diferentes picos para que éstos puedan considerarse independientes varía de una serie a otra y depende de la duración media de las situaciones atmosféricas que tienden a generar estados de oleaje extremo.

Al conjunto de máximos relativos que superan un cierto umbral y forman una muestra de valores independientes es a lo que denominaremos, conjunto de valores extremales o población extremal.

1.2 Distribución de la intensidad de los picos independientes

Una vez que se han seleccionado un conjunto de valores extremos el siguiente paso que se ha de dar es el de ajustar dichos valores a una función de distribución de probabilidad. Dicha distribución, que representaremos por $Fe(x/H_c)$, nos dará la probabilidad de que un pico independiente que supera el nivel de selección V_c tenga magnitud menor o igual que x , por tanto $Fe(x/H_c)$ representa una probabilidad condicionada.

La práctica muestra que, en general, los valores extremos de las series de oleaje se ajustan bastante bien a la distribución Weibull cuya expresión es la siguiente.

$$Fe(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right)^r\right)$$

Los parámetros α , β y γ . son conocidos como parámetros de centrado, de escala, y de forma, respectivamente.

1.3 Distribución del número de picos independientes

En la sección anterior se presentó una distribución con la que describir la probabilidad de que dado un valor extremal, éste tenga una determinada intensidad. En esta sección, sin embargo, se dará un modelo con el que describir la probabilidad de que dicho valor extremal se de; más concretamente, un modelo que nos permita predecir la probabilidad de que en un año se den justamente n valores extremos.

El modelo adoptado para describir la probabilidad de que se den n valores extremos en un año es la distribución de Poisson cuya forma viene dada por la siguiente expresión.

$$P(n) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!}$$

En esta expresión $P(n)$ es la probabilidad de que se presenten n sucesos extremos en un año, y λ . es el número medio de sucesos extremos observados por año.

1.4 Distribución del máximo anual

Una vez que se ha descrito tanto la probabilidad de que se den n sucesos extremos en un año, como la probabilidad de que uno de esos sucesos extremos tenga una magnitud menor o igual a x , el siguiente paso es encontrar la distribución de probabilidad del máximo anual, la cual representaremos por $Fa(x)$.

La función de distribución $Fa(x)$ puede construirse a partir de $P(n)$ y de $Fe(x)$ con lo que se obtiene la siguiente expresión.

$$Fa(x) = e^{-\lambda(1-Fe(x))}$$

Donde $Fe(x)$ es la distribución Weibull descrita anteriormente.

1.5 Período de retorno.

El número de años que en término medio transcurre entre dos excedencias sucesivas de un valor dado x es lo que se denomina periodo de retorno asociado al valor x .

Dicha magnitud, que representaremos por $Pr(x)$, puede obtenerse a través de Pa mediante la siguiente expresión.

$$Pr(x) = \frac{1}{1 - Fa(x)}$$

En general, no obstante, no se está tan interesado en conocer el periodo de retorno asociado a un determinado valor de H_s , como en conocer cuál es el valor de H_s asociado a cierto periodo de retorno Pr . Esto se puede conseguir a través de la expresión siguiente.

$$x_r = \beta(-\ln\left(\frac{1}{\lambda Pr}\right))^{\frac{1}{r}} + \alpha$$

Donde x_r es la altura asociada a un periodo de retorno Pr , λ es el número medio de tormentas por año, α , β y λ . son los parámetros de la distribución Weibull ajustada a los picos de la serie.

1.6 Probabilidad de fallo y vida útil.

La estimación de la altura de diseño H_d requiere de la especificación de dos cantidades; la primera, es la vida del proyecto, la cual será representada por L ; la segunda, es la probabilidad de fallo que se está dispuesto a admitir dentro de dicho periodo de vida, la cual se representara por p_{ex} . Ambas cantidades, se fijan a partir de las características de la estructura, de su precio, y de las consecuencias derivadas de su posible avería.

Suponiendo que el tiempo transcurrido antes de fallo puede modelarse por una distribución exponencial, el periodo de retorno asociado a la altura de diseño H_d puede estimarse a partir de la vida útil L y de la probabilidad de fallo p_{ex} mediante la siguiente expresión

$$Pr = -\frac{L}{\ln(1 - p_{ex})}$$

1.7 Utilizando la información extremal.

De forma general, en estos informes la información extremal se condensa en paginas en las que se incluyen

- Gráfica con el ajuste de los valores extremos a una distribución Weibull.

En dicho grafico en el eje de ordenadas se representas las alturas, y en el de abcisas las probabilidades de no excedencia condicionadas; es decir, probabilidad de que un valor máximo que a superado el nivel de corte, sin embargo no supere una cierta magnitud $H > H_c$.

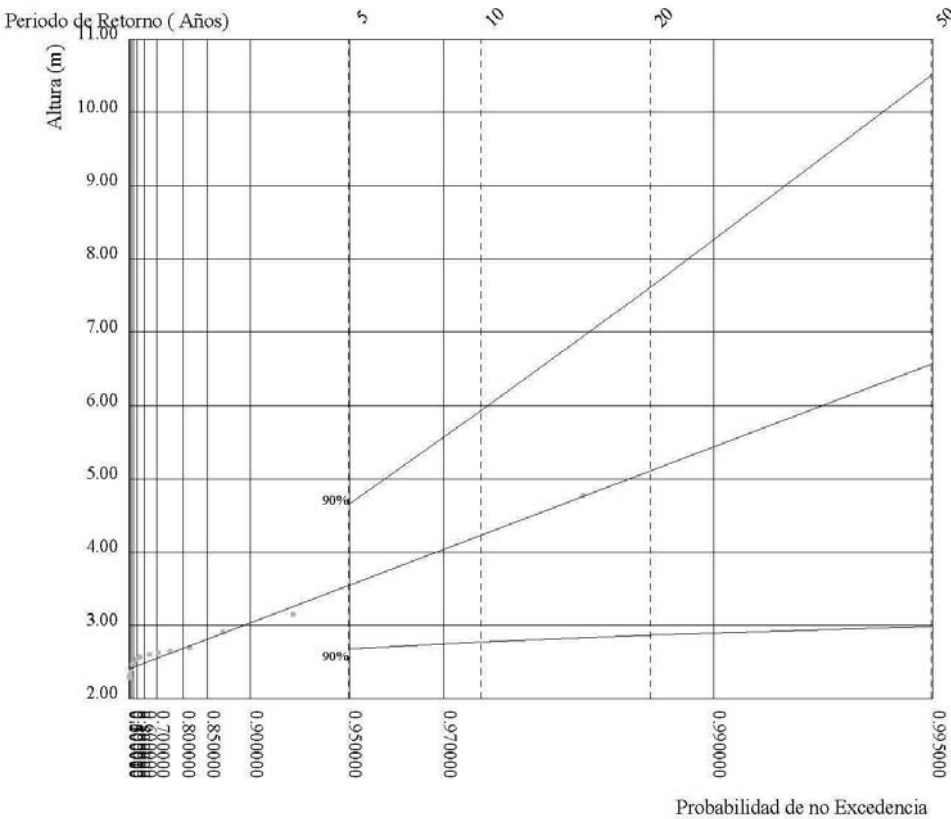
Los puntos representan los valores extremos observados, y la recta la función de distribución ajustada. Junto a la recta de ajuste aparecen las bandas de confianza al 90%. En la parte superior aparecen distintos valores de periodo de retorno, de los que parten líneas verticales punteadas. La intersección de dichas líneas con la recta de ajuste nos proporciona las velocidades de retorno esperadas.

- Tabla con una lista de periodos de retorno seleccionados a priori y valores de H_s asociados.
- Tabla con los parámetros α , β , y de la distribución extremal $Fe(x)$.
- Tabla con el nivel de corte (H_c) y el número medio de sucesos extremos asociados (λ).

2 Resultados: Boya de Tenerife (2446)

REGIMEN EXTREMAL GLOBAL

LUGAR : Tenerife PERIODO : Anual
PARÁMETRO : Altura Significativa de Ola SERIE ANALIZADA : Abr. 1998 - Dic. 2002



P. de Retorno (Años)	5.00	10.00	20.00	50.00
Altura Asociada (m)	3.54	4.23	5.10	6.56
Banda Sup. 90% (m)	4.65	5.94	7.61	10.51

Parámetros de la Distribución Weibull	Alfa = 2.41	Lambda	3.98
	Beta = 0.09	Nivel de Corte (m)	1.50
	Gamma = 0.44		



CLIMA MEDIO DE OLEAJE

BOYA DE TENERIFE SUR

CODIGO B.D.	2448
LONGITUD	16.577 E
LATTUD	27.991 N
PROFUNDIDAD	710 m
PERIODO	1998 2003

BANCO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS DE PUERTOS DEL ESTADO

NOTA:

El presente documento ha sido elaborado utilizando datos procedentes del Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado.

Los datos utilizados proceden tanto de las Redes de Medida como de los Modelos con los que cuenta Puertos del Estado. Dichos datos han sido almacenados tras aplicar controles de calidad y procesos de validación que garanticen la mayor fiabilidad posible.

Los resultados contenidos en este documento tiene carácter consultivo u orientativo, por lo que en ningún caso Puertos del Estado se hará valedor o responsable de las consecuencias que se pudieran derivar de su uso.

INDICE

1 Metodología	4
1.1 Relaciones Hs - Hmax	4
1.2 Régimen Medio	5
2 Tenerife Sur	6
2.1 Tablas Hs-Tp (Anual)	6
2.2 Tablas Hs-Tp (Estacional)	7
2.3 Régimen Medio de Hs (Anual)	11
2.4 Régimen Medio de Hs (Estacional)	12

1 METODOLOGIA

1.1 Relaciones Hs - Hmax

Cálculo de la Altura Máxima Hmax: considerando que el comportamiento estadístico de las alturas de ola de un estado de mar puede describirse según una

distribución de Rayleigh, la Altura de Ola Máxima Hmax y la Altura Significativa Hs

asociadas a un mismo estado de mar se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$H_{max} = (1.5 \sim 1.9) H_s$$

siendo la relación mas utilizada (en media)

$$H_{max} = 1.6 H_s$$

Y comúnmente, para obras marítimas en costa,

$$H_{max} = 1.7 H_s$$

1.2 Régimen Medio

Se puede definir como régimen medio de una serie temporal al conjunto de estados de oleaje que más probablemente nos podemos encontrar.

Si representáramos los datos en forma de histograma no acumulado, el régimen medio vendría definido por aquella banda de datos en la que se contiene la masa de Probabilidad que hay entorno al máximo del histograma.

El régimen medio se describe, habitualmente, mediante una distribución teórica que ajusta dicha zona media o central del histograma. Es decir no todos los datos participan en el proceso de estimación de los parámetros de la distribución teórica, solo lo hacen aquellos datos cuyos valores de presentación caen en la zona media del histograma.

La distribución elegida para describir el régimen medio de las series de oleaje es Weibull cuya expresión es la siguiente.

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - \beta}{A}\right)^c\right)$$

El parámetro B es conocido como parámetro de centrado y su valor a de ser menor que el menor de los valores justados; A es el parámetro de escala y ha de ser mayor que 0; y, finalmente, C es el parámetro de forma y suele moverse entre 0.5 y 3.5

El régimen medio, generalmente, suele representarse de una forma grafica mediante un histograma acumulado y el correspondiente ajuste teórico, todo ello en una escala especial en la cual Weibull aparece representada como una recta.

Ajustar los datos a una distribución teórica, en vez de utilizar el histograma permite obtener una expresión compacta que suaviza e interpola la información proporcionada por el histograma.

El régimen medio esta directamente relacionado con lo que se denominan condiciones medias de operatividad. Es decir, caracteriza el comportamiento probabilística

del régimen de viento u oleaje en el que por término medio se va desenvolver una determinada actividad influida por uno de estos agentes.

En éste informe se presenta el régimen medio siguiendo diferentes criterios de selección o agrupación de los datos. En primer lugar se presenta el régimen medio sobre la totalidad de los años completos registrados; seguidamente se presentan los regimenes medios estimados sobre los datos agrupados por estaciones climáticas; y, finalmente, y de modo opcional, los regímenes medios para los datos agrupados por direcciones.

2 Tenerife Sur

2.1 TABLAS HS-TP (ANUAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife Sur

PERIODO : Anual

SERIE ANALIZADA : Abr. 1998 - Dic. 2002

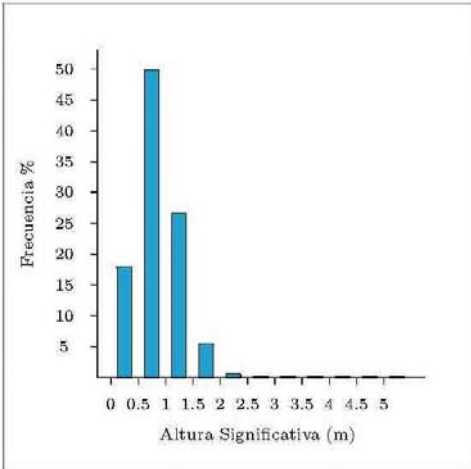
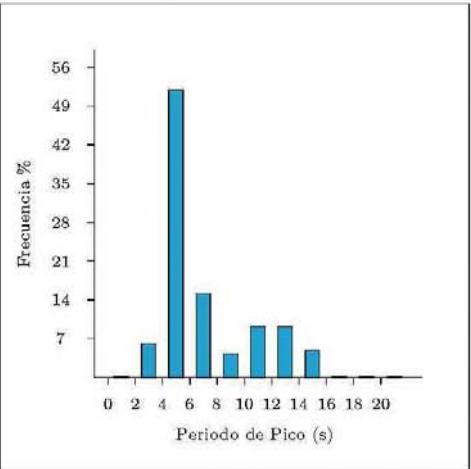


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	1.959	1.933	1.335	1.379	5.549	3.511	1.838	.017	.087	.009	17.617
1.0	-	3.988	28.516	5.766	1.353	3.208	4.552	2.506	-	.043	-	49.931
1.5	-	.061	19.031	4.925	.850	.147	.850	.616	-	.026	-	26.504
2.0	-	-	1.994	2.844	.468	-	.009	.026	-	-	-	5.341
2.5	-	-	.069	.329	.130	-	-	-	-	-	-	.529
3.0	-	-	-	.043	.009	-	-	-	-	-	-	.052
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	.017	-	-	-	-	-	-	.017
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	.009	-	-	-	-	-	-	.009
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	6.008	51.543	15.242	4.214	8.904	8.921	4.985	.017	.156	.009	100 %

2.2 TABLAS HS-TP (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife Sur
PERIODO : Dic. - Feb. SERIE ANALIZADA : Abr. 1998 - Dic. 2002

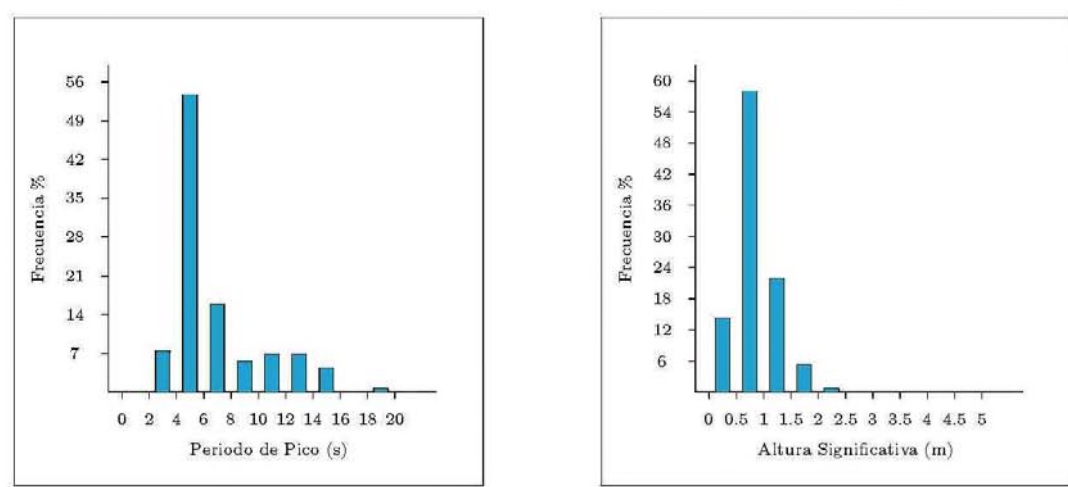


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	1.523	1.761	1.380	1.047	3.617	2.903	1.333	-	.381	-	13.946
1.0	-	5.474	34.412	5.854	2.713	3.237	3.427	2.665	-	-	-	57.782
1.5	-	.048	15.802	4.426	****	-	.333	.095	-	-	-	21.704
2.0	-	-	1.523	3.046	.666	-	-	.048	-	-	-	5.283
2.5	-	-	-	.762	.095	-	-	-	-	-	-	.857
3.0	-	-	-	.238	.048	-	-	-	-	-	-	.286
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	.095	-	-	-	-	-	-	.095
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	.048	-	-	-	-	-	-	.048
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	7.044	53.498	15.707	5.712	6.854	6.663	4.141	-	.381	-	100 %

TABLAS HS-TP (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife Sur
PERIODO : Mar. - May. SERIE ANALIZADA : Abr. 1998 - Dic. 2002

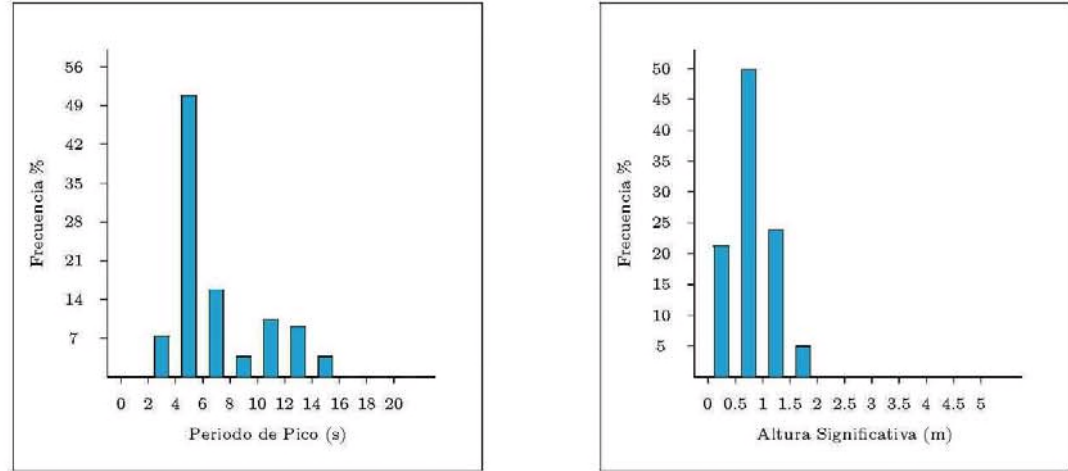


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	2.827	3.257	1.933	1.432	7.194	3.686	.931	.036	.036	-	21.331
1.0	-	4.080	27.702	6.586	.895	3.006	4.975	2.398	-	.107	-	49.749
1.5	-	.036	17.824	4.581	.931	.143	.394	.143	-	-	-	24.052
2.0	-	-	1.682	2.470	.501	-	.036	-	-	-	-	4.689
2.5	-	-	-	.107	.072	-	-	-	-	-	-	.179
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	6.943	50.465	15.676	3.830	10.344	9.091	3.472	.036	.143	-	100 %

TABLAS Hs-Tp (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife Sur

PERIODO : Jun. - Ago.

SERIE ANALIZADA : Abr. 1998 - Dic. 2002

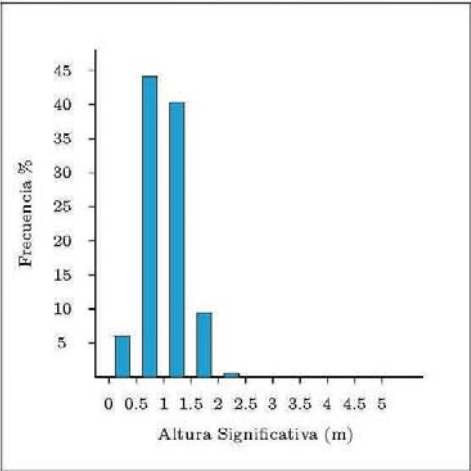
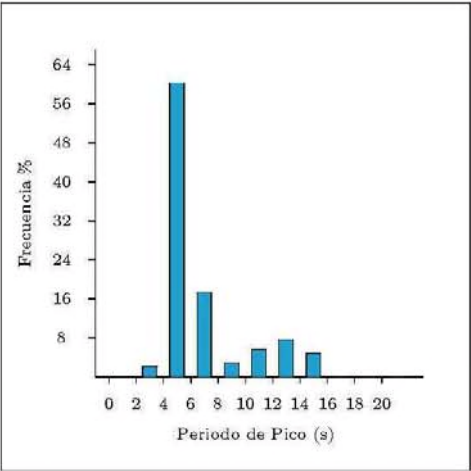


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	.408	.612	.204	.233	1.864	1.311	1.165	-	-	-	5.797
1.0	-	1.923	27.003	3.816	1.282	3.350	4.398	2.214	-	-	-	43.985
1.5	-	.058	28.372	7.719	.699	.262	1.806	1.340	-	-	-	40.256
2.0	-	-	3.787	4.981	.466	-	-	.029	-	-	-	9.263
2.5	-	-	.087	.466	.146	-	-	-	-	-	-	.699
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	2.389	59.860	17.186	2.826	5.476	7.515	4.748	-	-	-	100 %

TABLAS Hs-Tp (ESTACIONAL)

DISTRIBUCIÓN CONJUNTA DE PERIODO DE PICO Y ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Tenerife Sur

PERIODO : Sep. - Nov.

SERIE ANALIZADA : Abr. 1998 - Dic. 2002

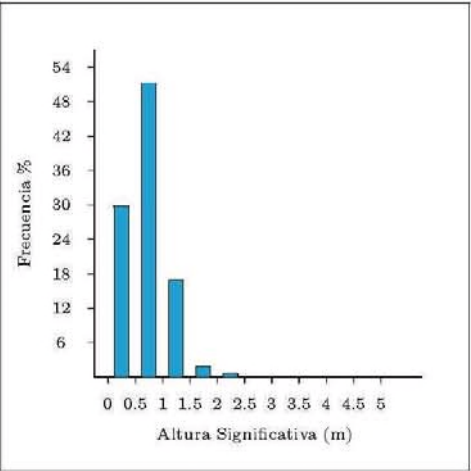
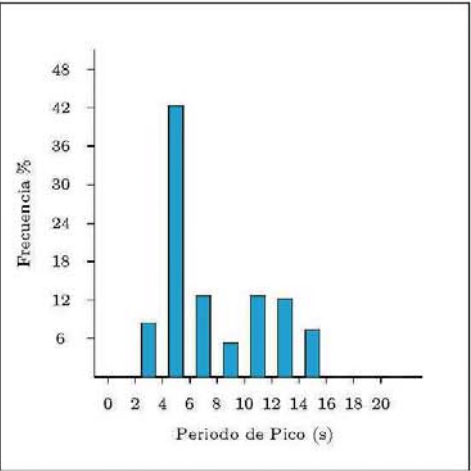
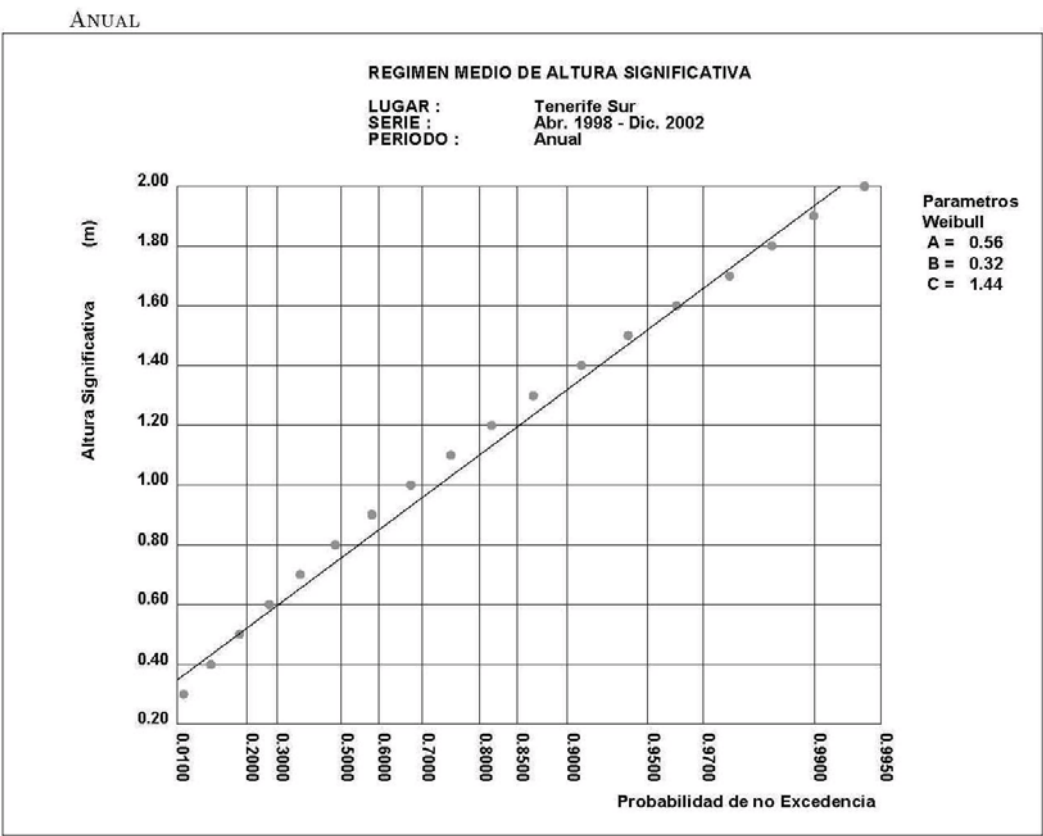


Tabla Periodo de Pico (Tp) - Altura Significativa (Hs) en %

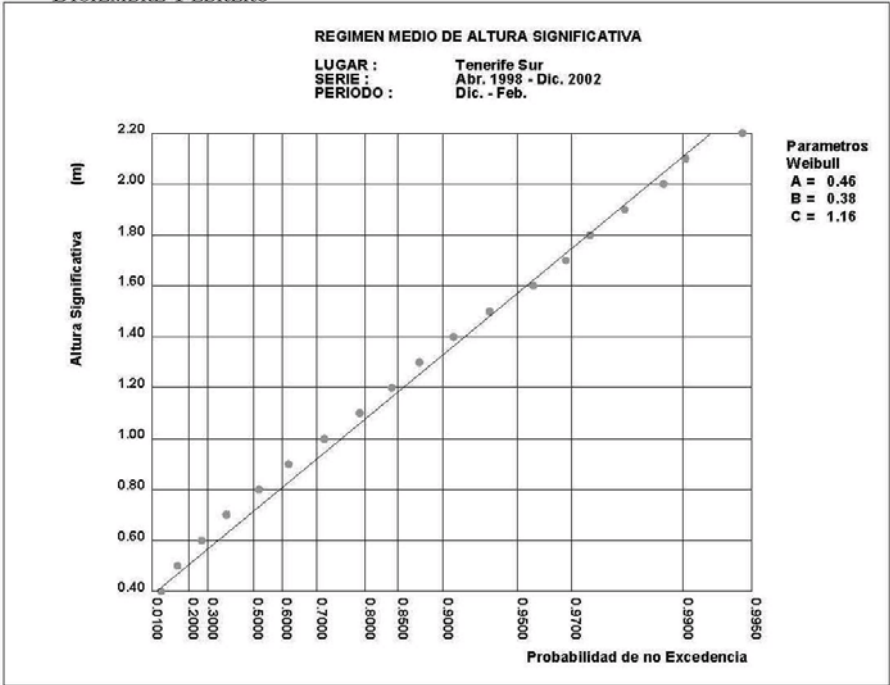
Hs (m)	Tp (s)											Total
	≤ 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	> 20.0	
≤ 0.5	-	3.150	2.308	1.996	2.776	9.326	6.114	3.681	.031	.031	.031	29.445
1.0	-	5.147	26.981	7.080	.936	3.213	5.084	2.807	-	.062	-	51.310
1.5	-	.094	12.196	2.558	.842	.125	.561	.593	-	.094	-	17.062
2.0	-	-	.655	.749	.312	-	-	.031	-	-	-	1.747
2.5	-	-	.156	.094	.187	-	-	-	-	-	-	.437
3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
> 5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	8.391	42.296	12.477	5.053	12.664	11.759	7.112	.031	.187	.031	100 %

2.3 REGIMEN MEDIO DE HS (ANUAL)

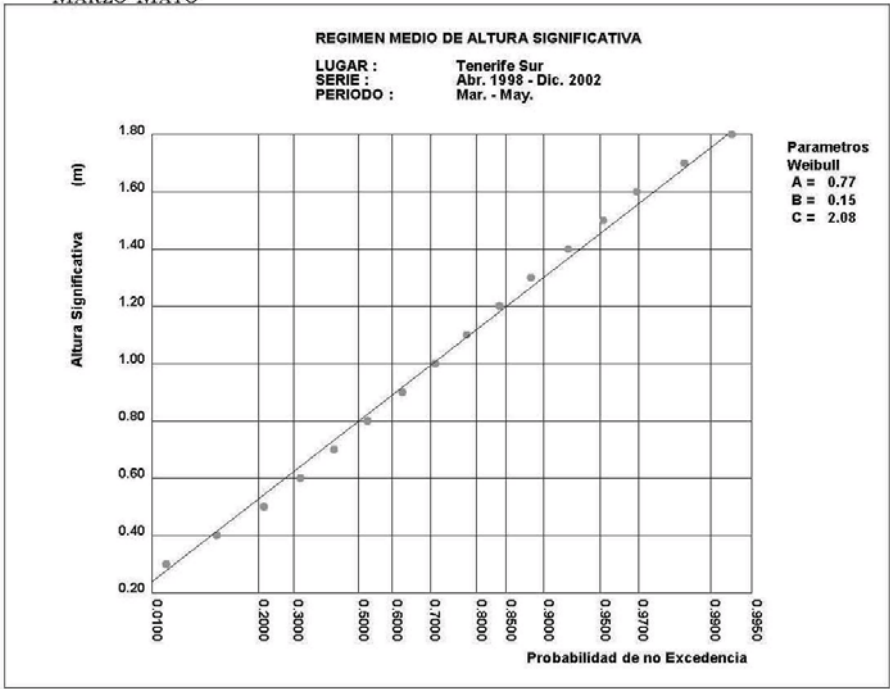


2.4 REGIMEN MEDIO DE HS (ESTACIONAL)

DICIEMBRE-FEBRERO

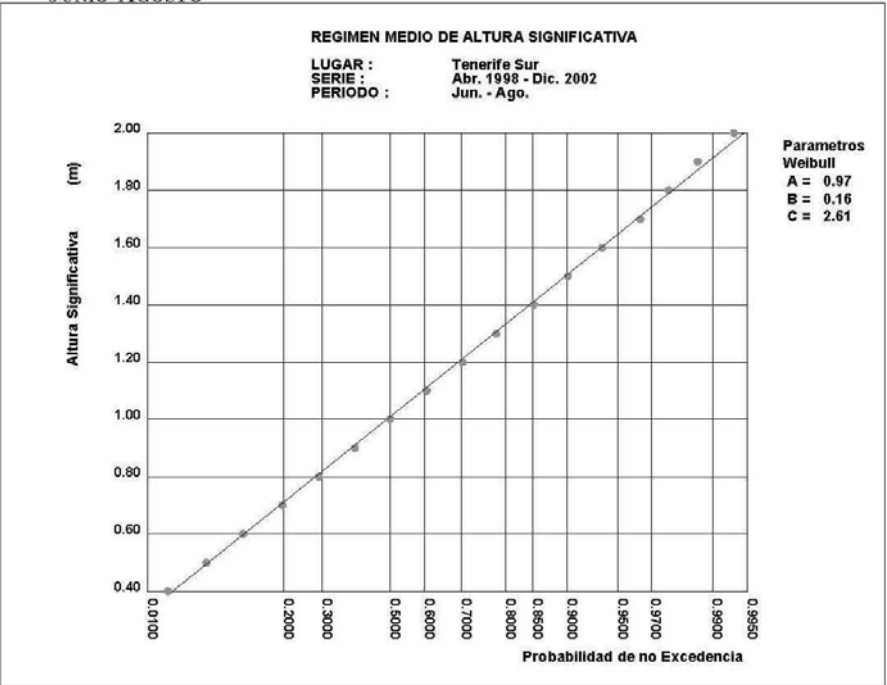


MARZO-MAYO



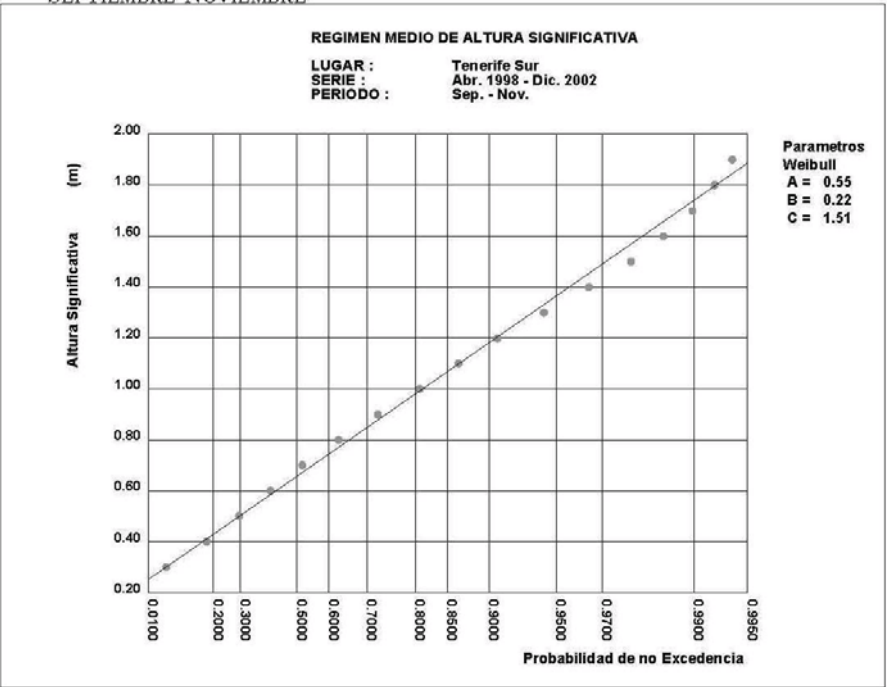
REGIMEN MEDIO DE Hs (ESTACIONAL)

JUNIO-AGOSTO

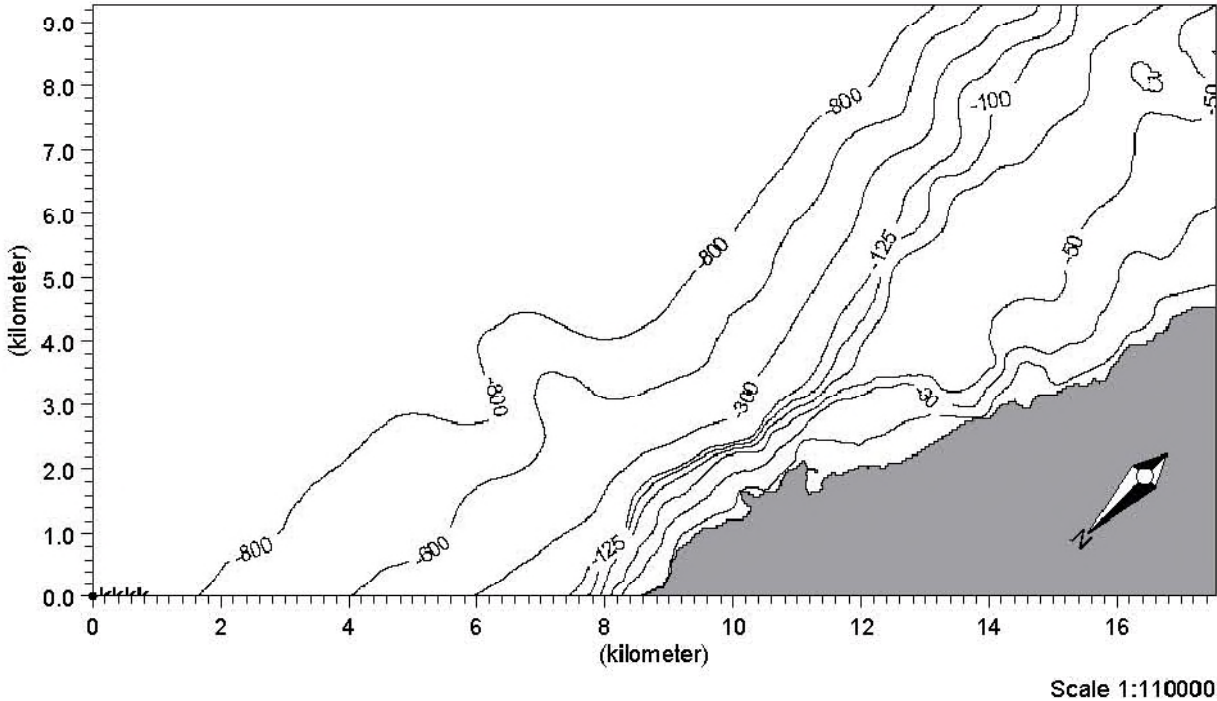


ANEXO 2.- PROPAGACIONES DE OLEAJE

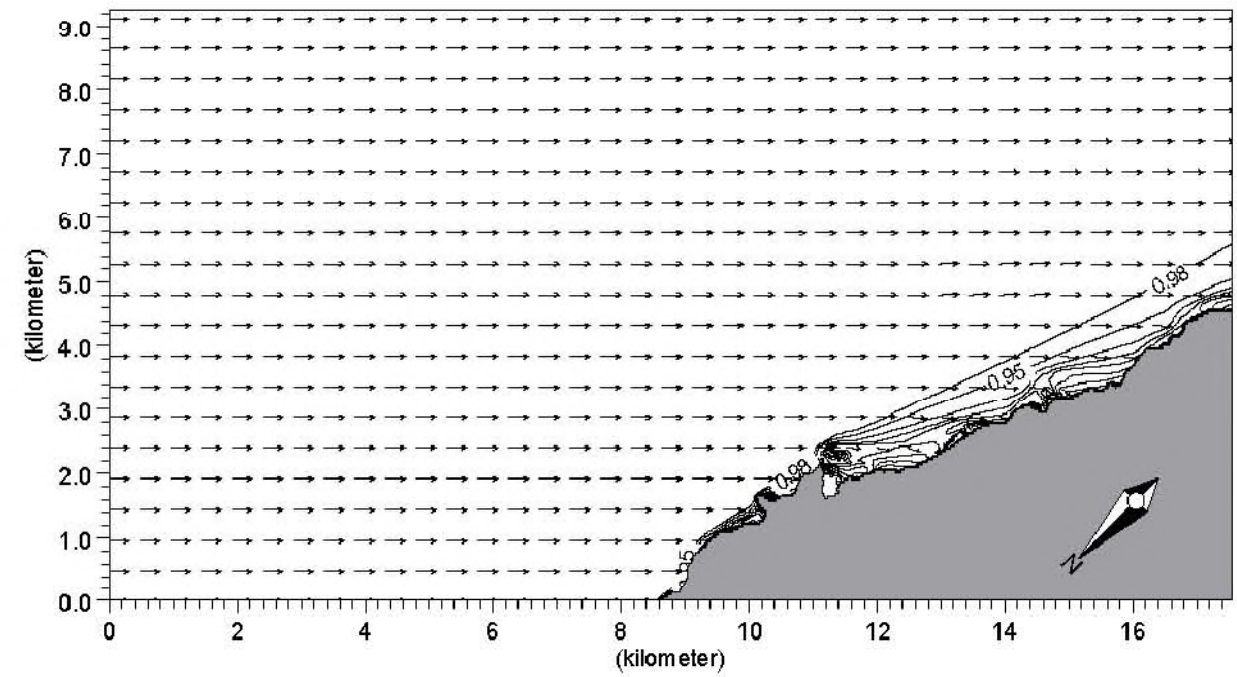
SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE



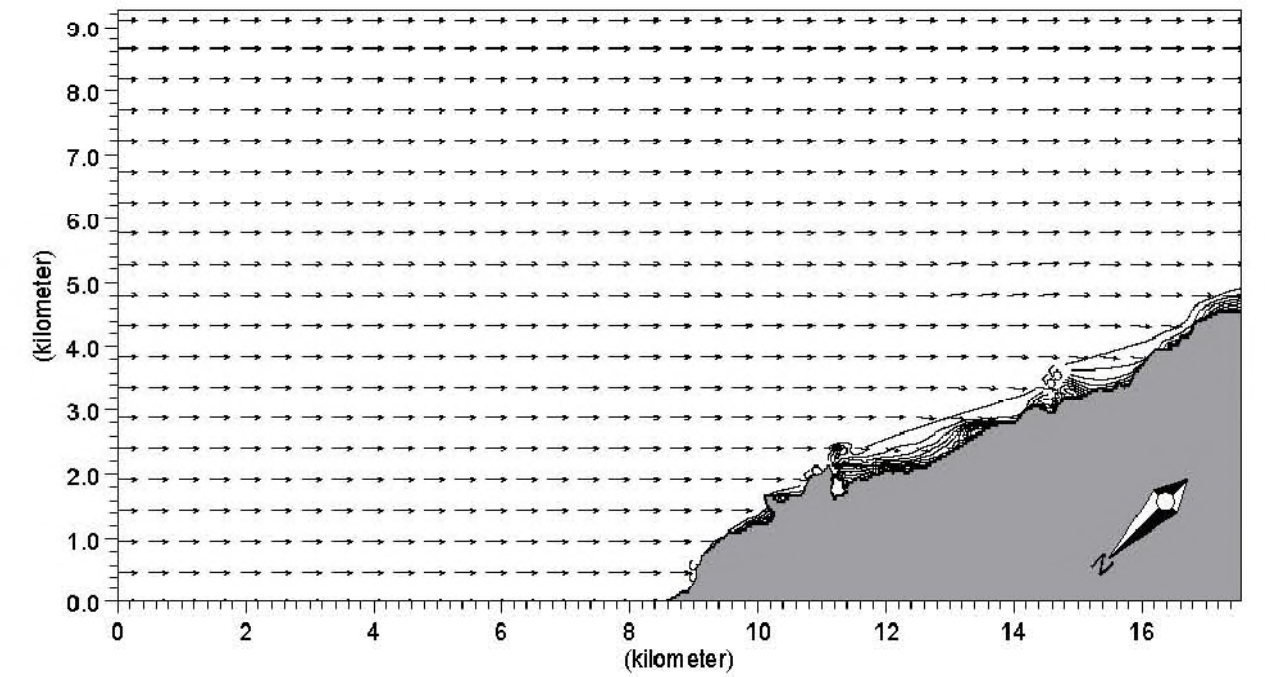
FIGURAS GENERALES



		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		MIKZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior				
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Batimetría para las propagaciones según dirección NE		
	Init. Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 1		




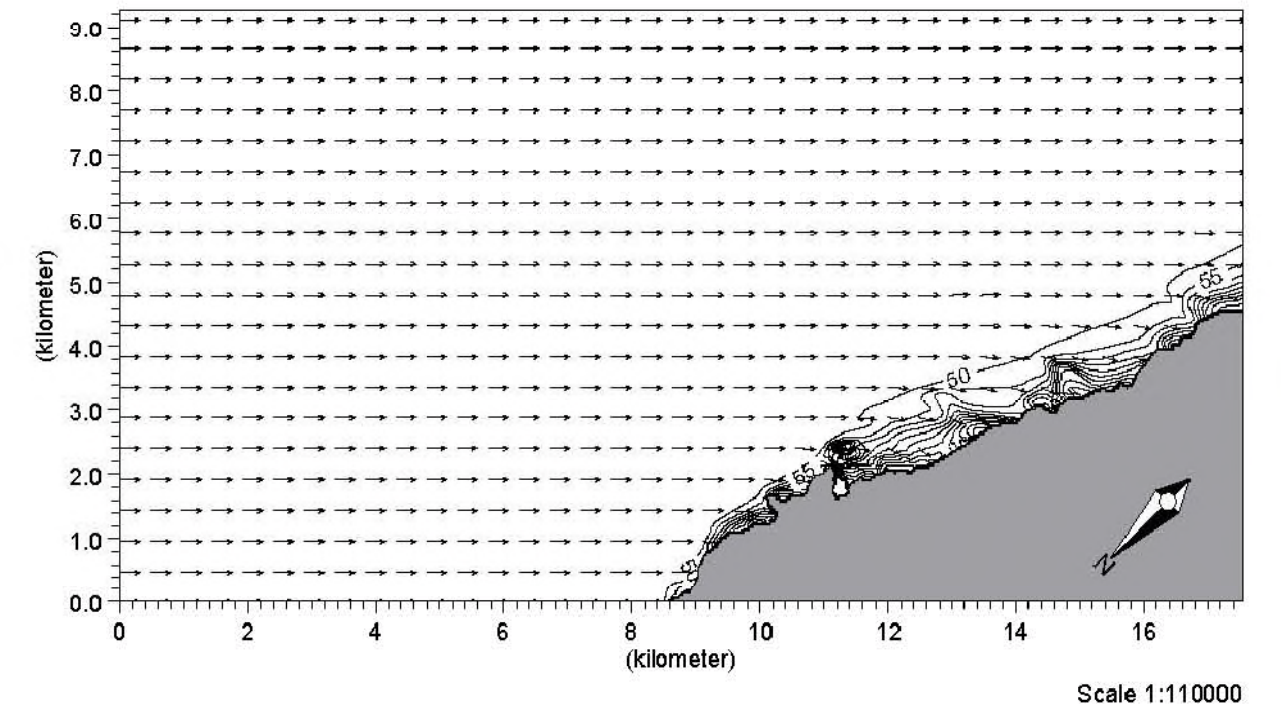
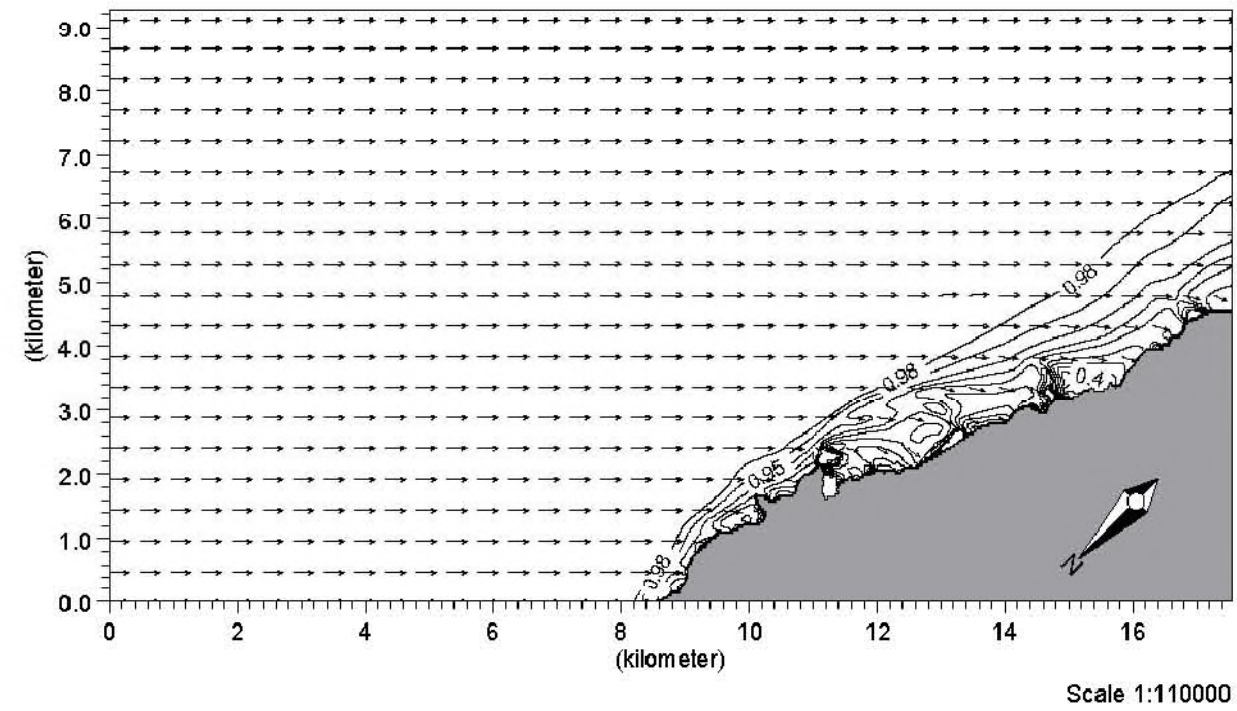
Scale 1:110000




Scale 1:110000

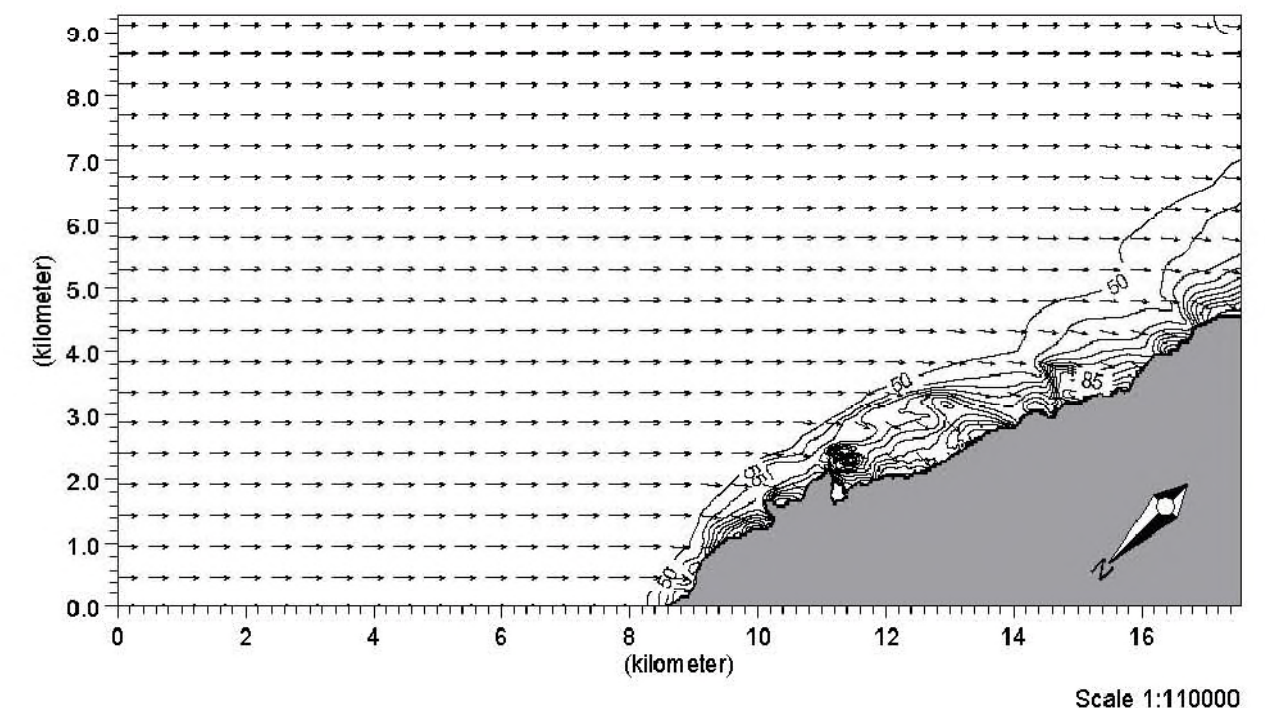
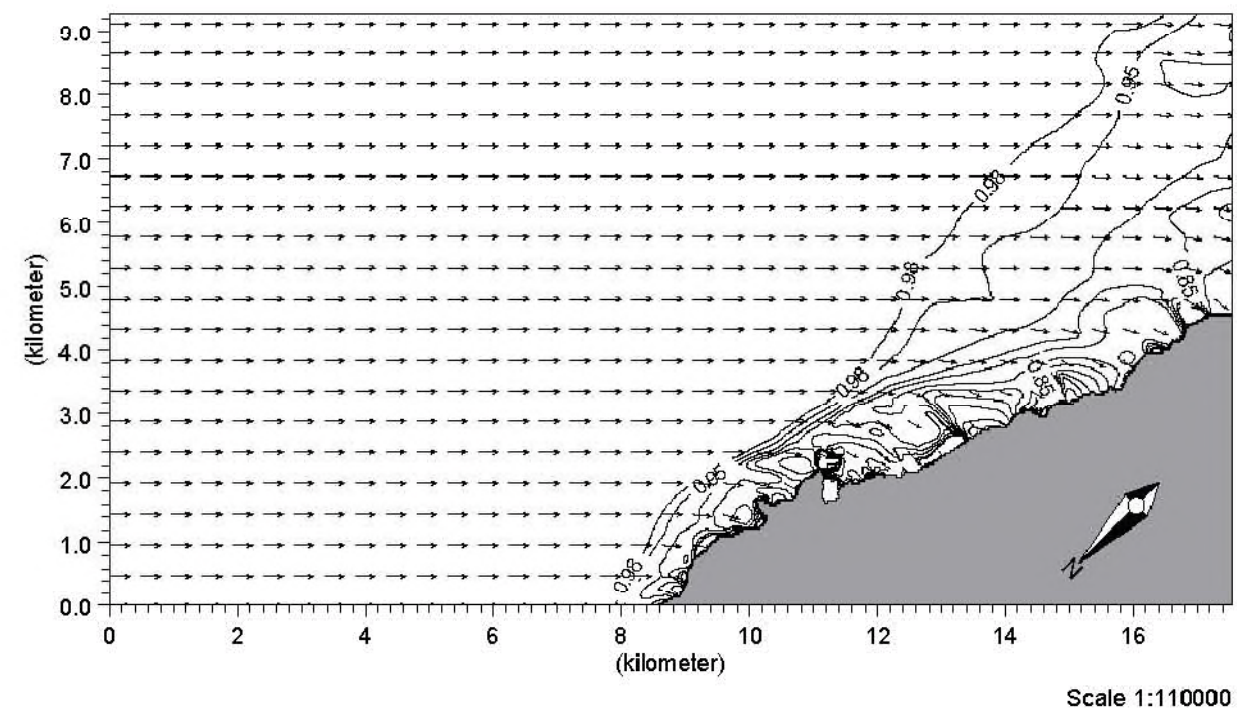
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=4s$	
	Dpto. Modelos		
		Drawing no.	Figura 2

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=4s$	
	Int. Dpto. Modelos		
		Drawing no. Figura 3	





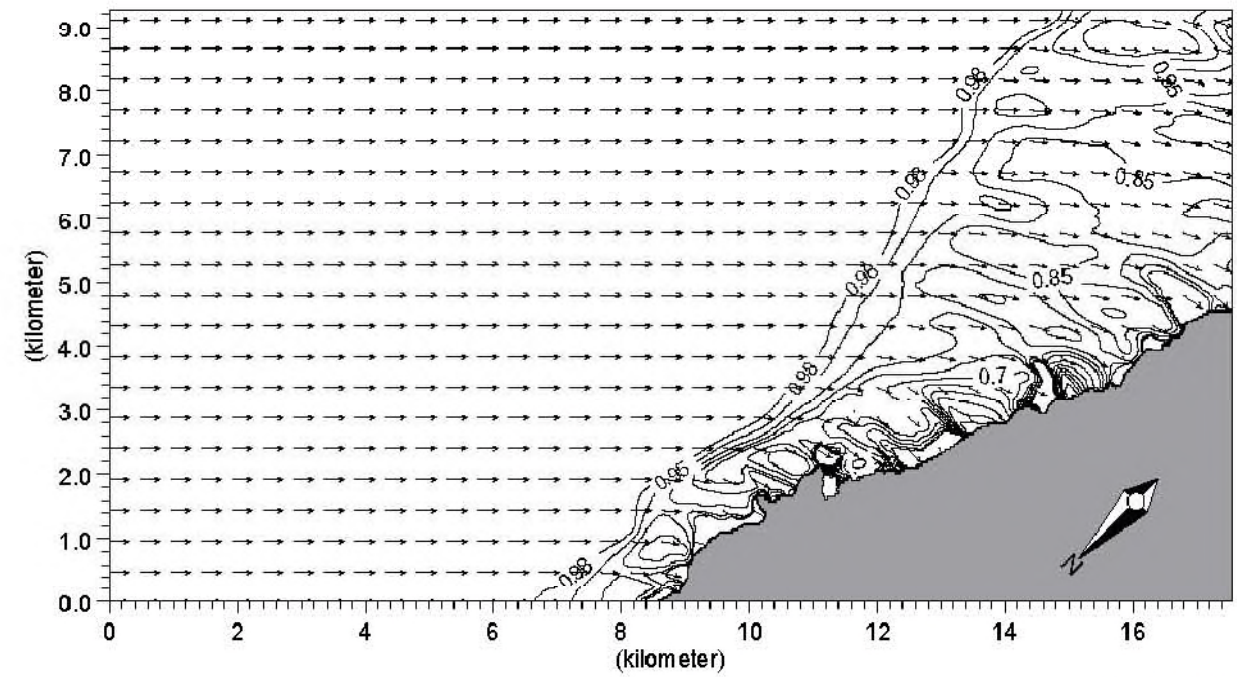
		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado n.º 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=8s$		Drawing no. Figura 4
	Int. Dpto. Modelos			

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado n.º 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=8s$		Drawing no. Figura 5
	Int. Dpto. Modelos			

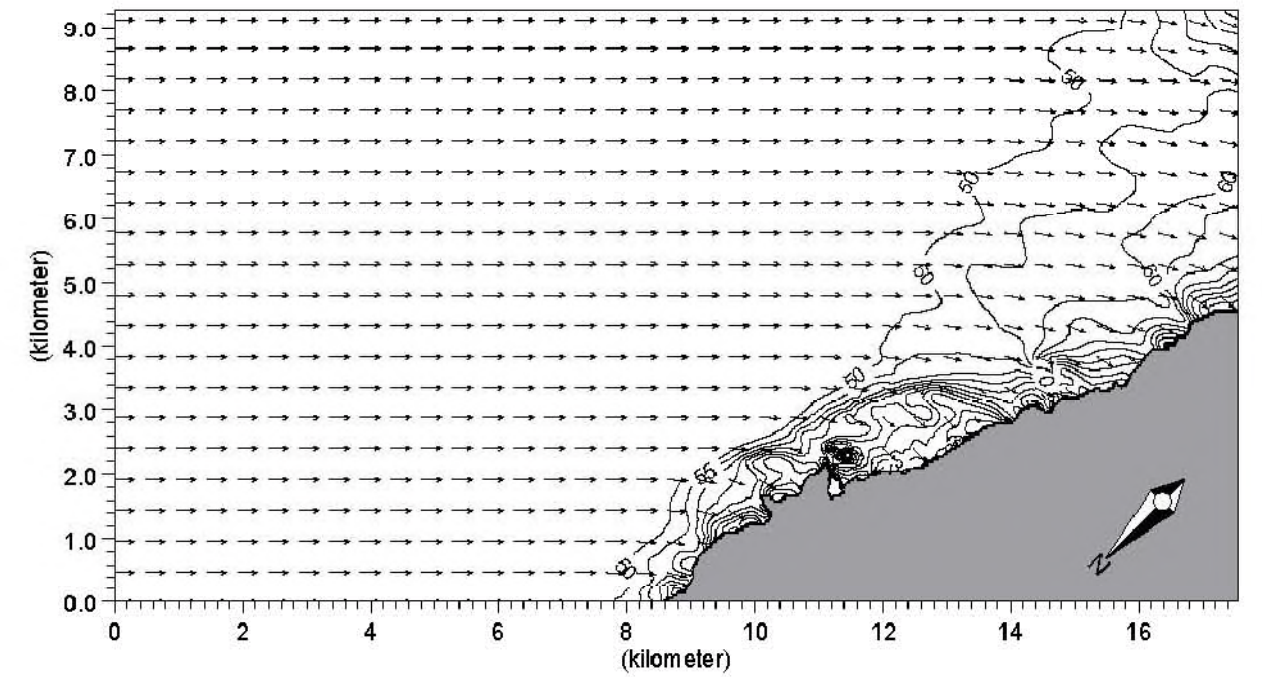


		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.754 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=12s$	
	Init: Dpto. Modelos		Drawing no. Figura 6



		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.754 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE $T_p=12s$	
	Init: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 7	




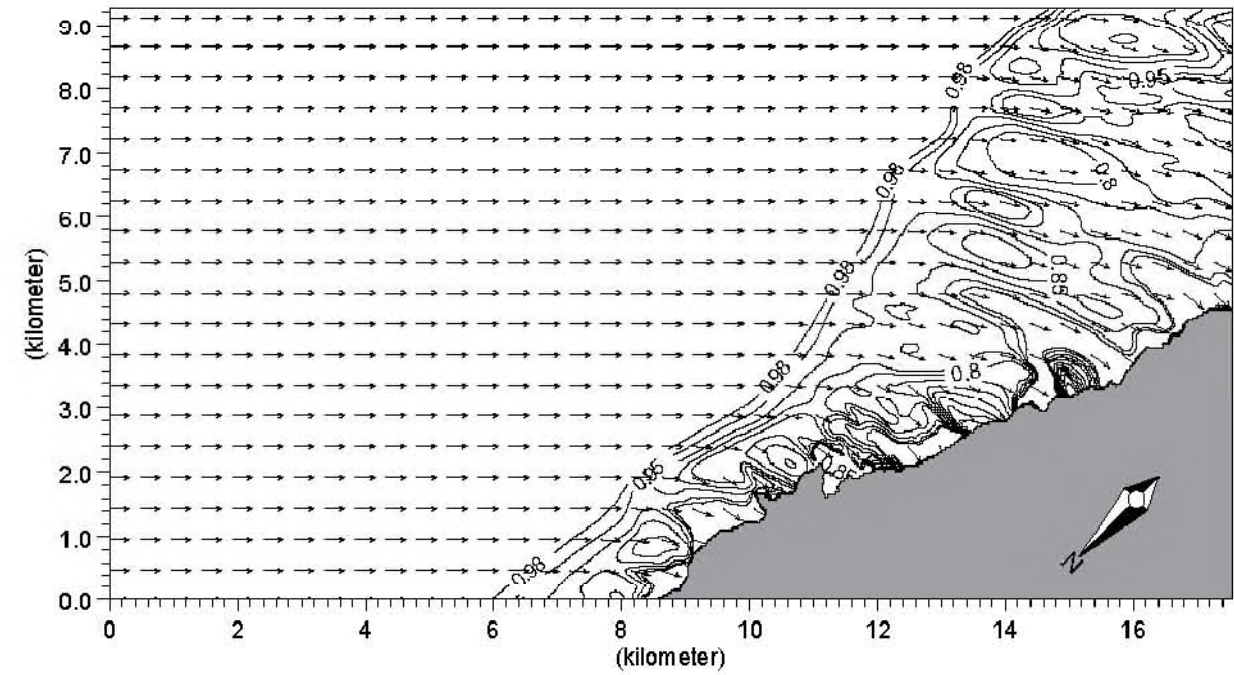
Scale 1:110000



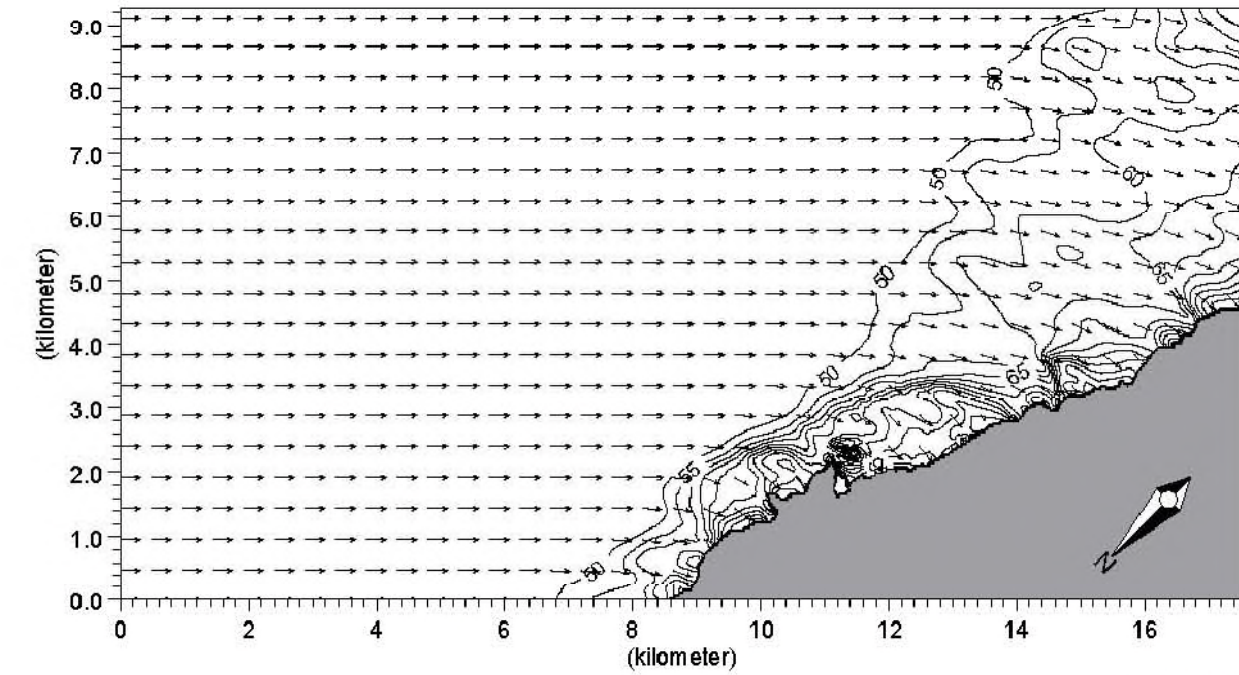
Scale 1:110000

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=18s	
	Tril: Dpto. Modelos		Drawing no. Figura 8



		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=18s	
	Mail: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 9	





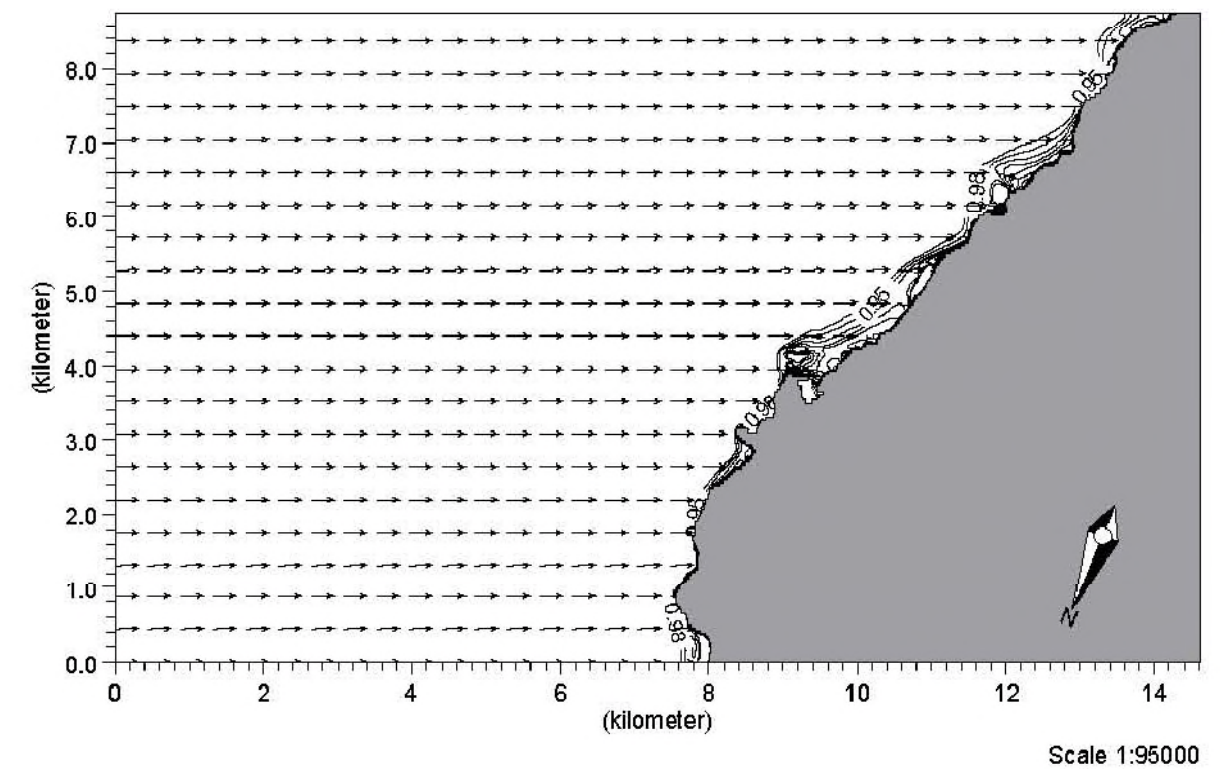
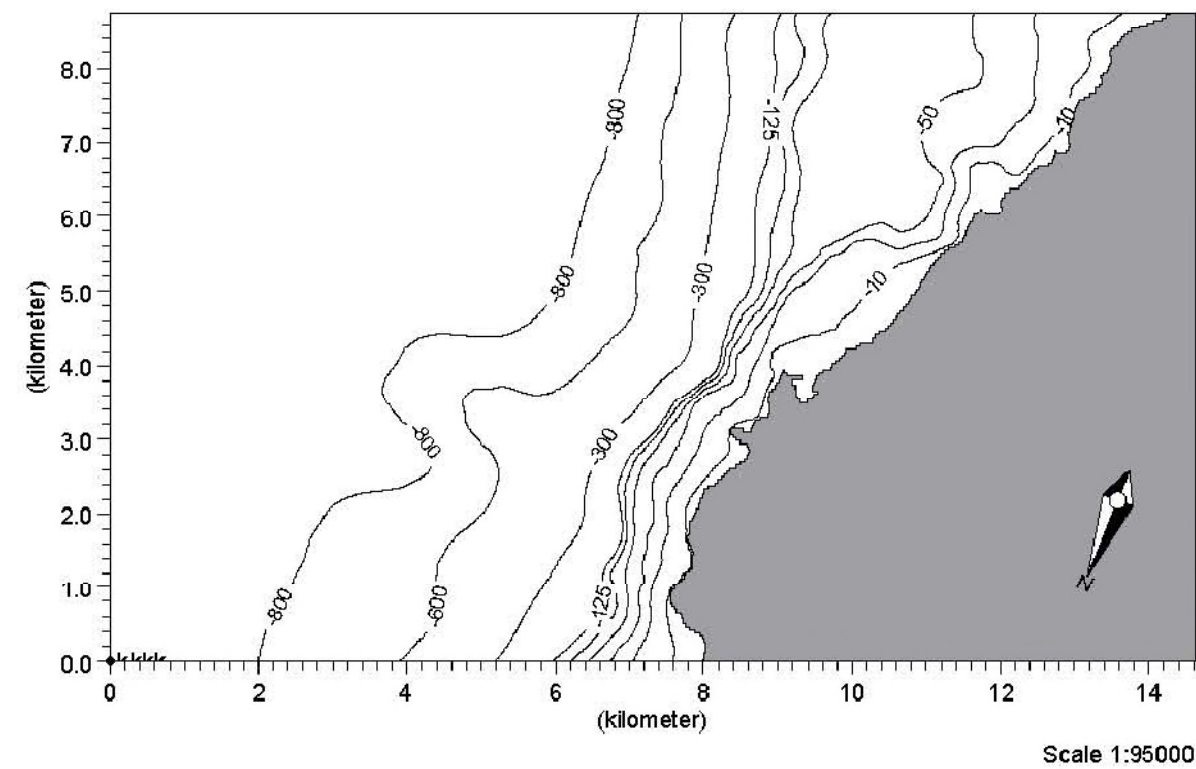
Scale 1:110000






Scale 1:110000

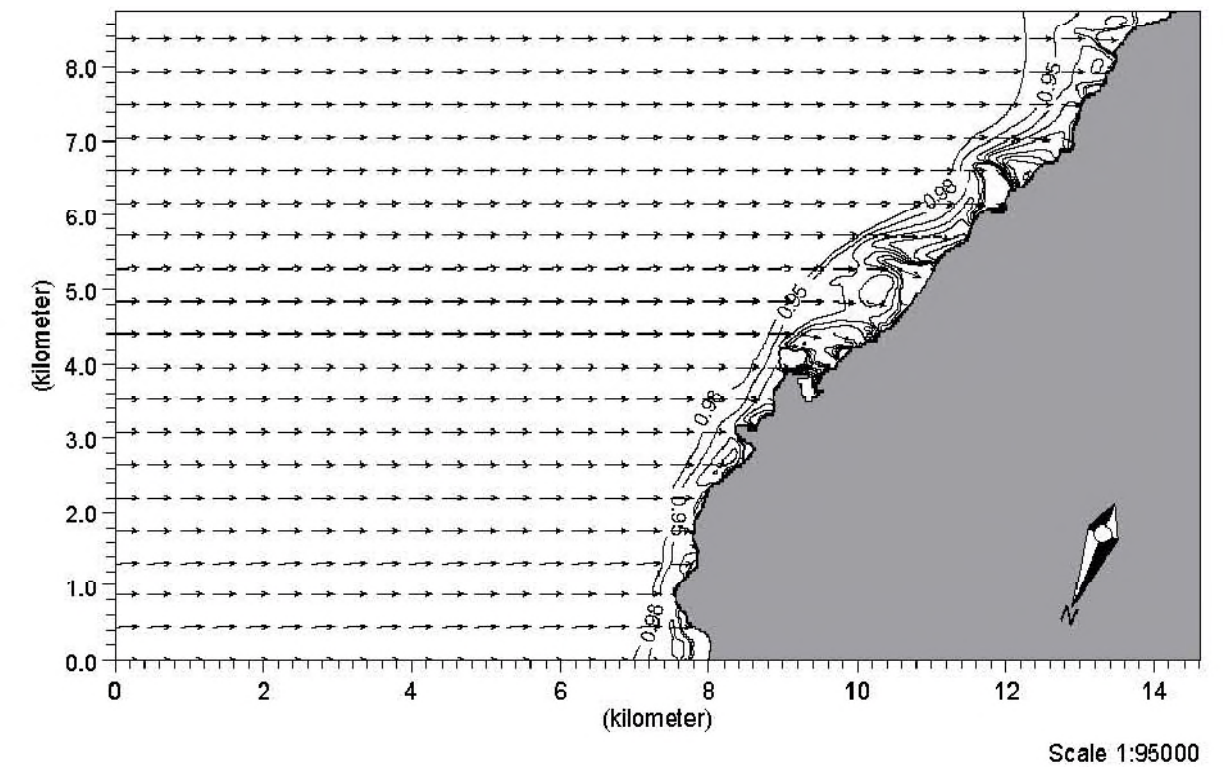
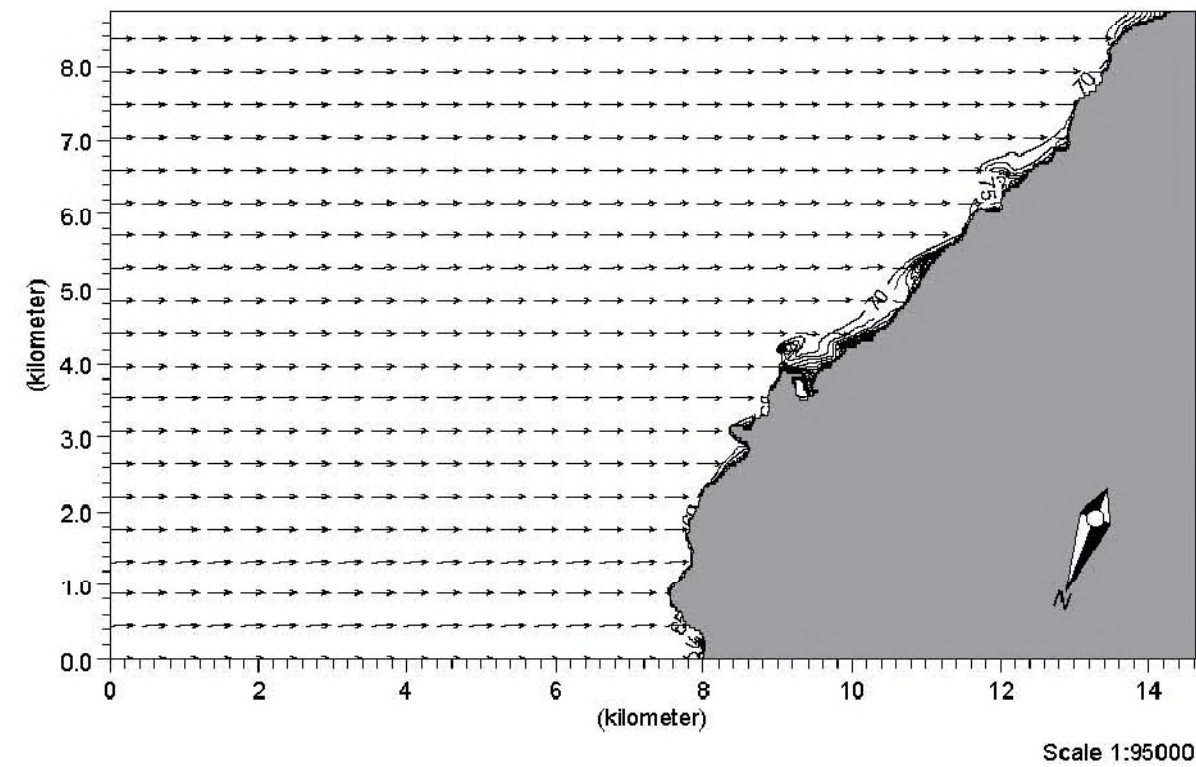
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		MIKEZero	
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=23s			Drawing no. Figura 10
	Tril. Dpto. Modelos				




		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección NE Tp=23s	
	Tril: Dpto. Modelos		Drawing no. Figura 11



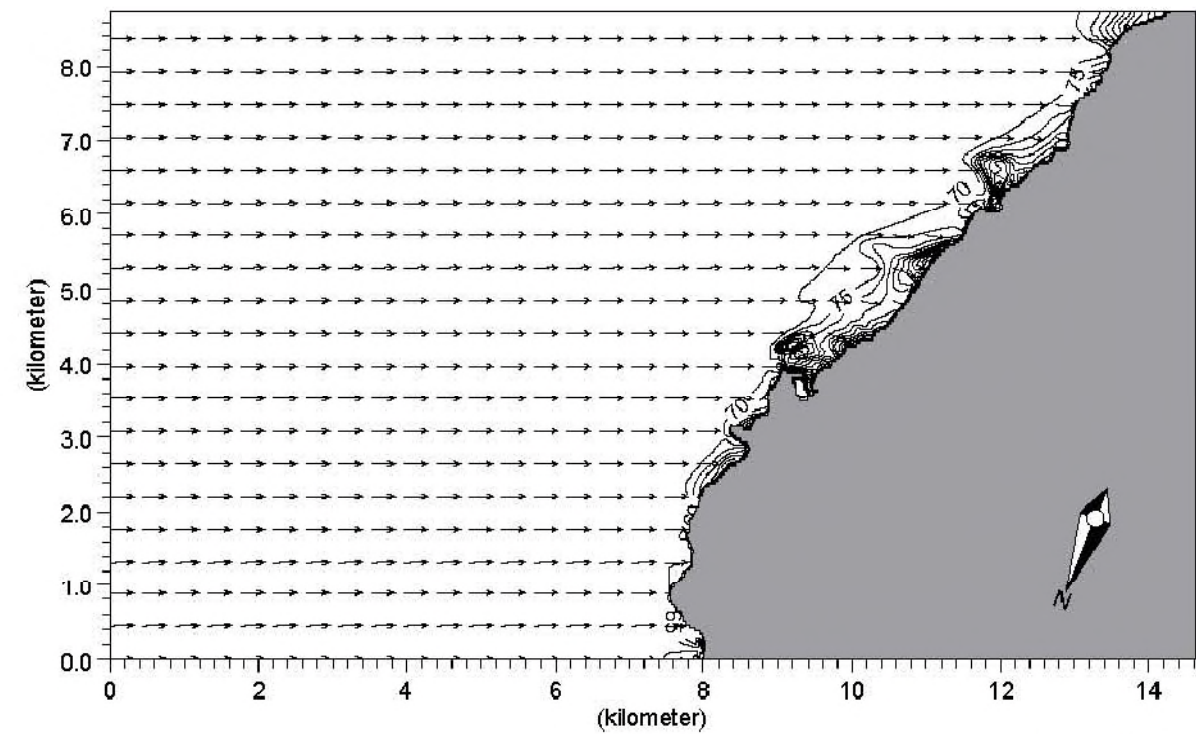
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Batimetría para las propagaciones según dirección ENE	Drawing no. Figura 12
	Inil. Dpto. Modelos		

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=4s$	Drawing no. Figura 13
	Inil. Dpto. Modelos		

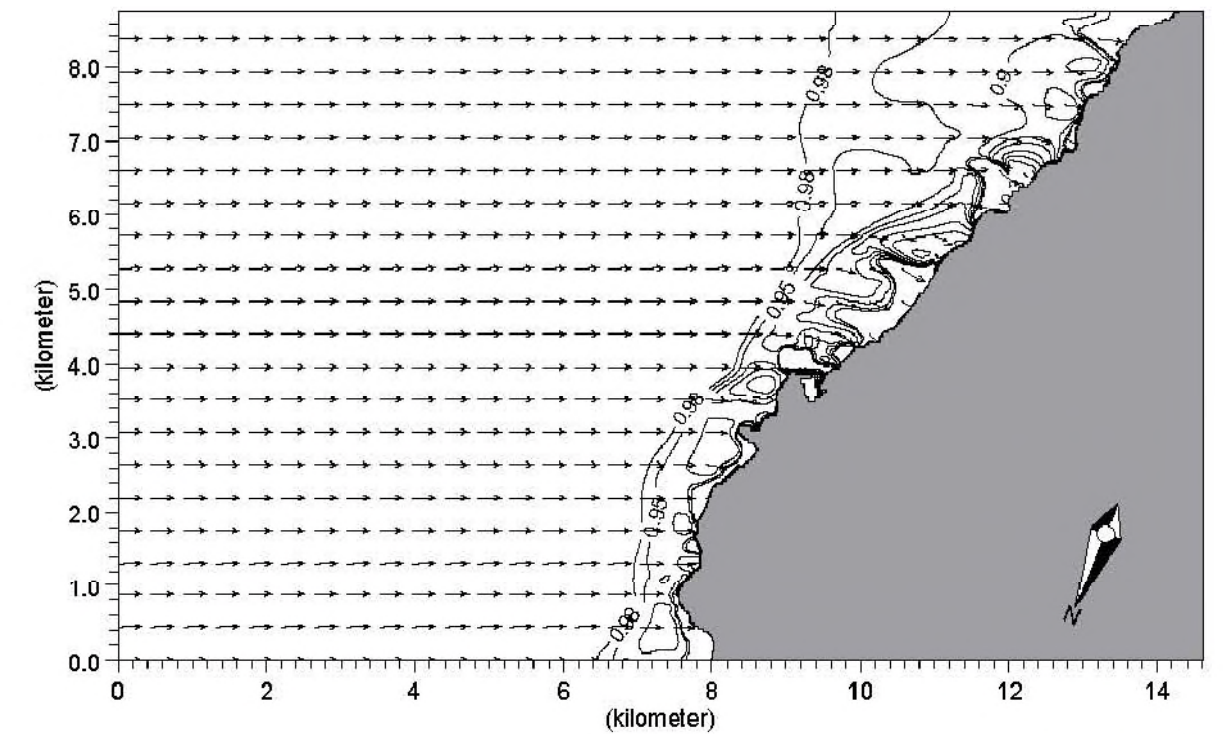


		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		
Project:		Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=4s$		
	Inst. Dpto. Modelos		Drawing no. Figura 14	




		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=8s$		Drawing no. Figura 15
	Int. Dpto. Modelos			



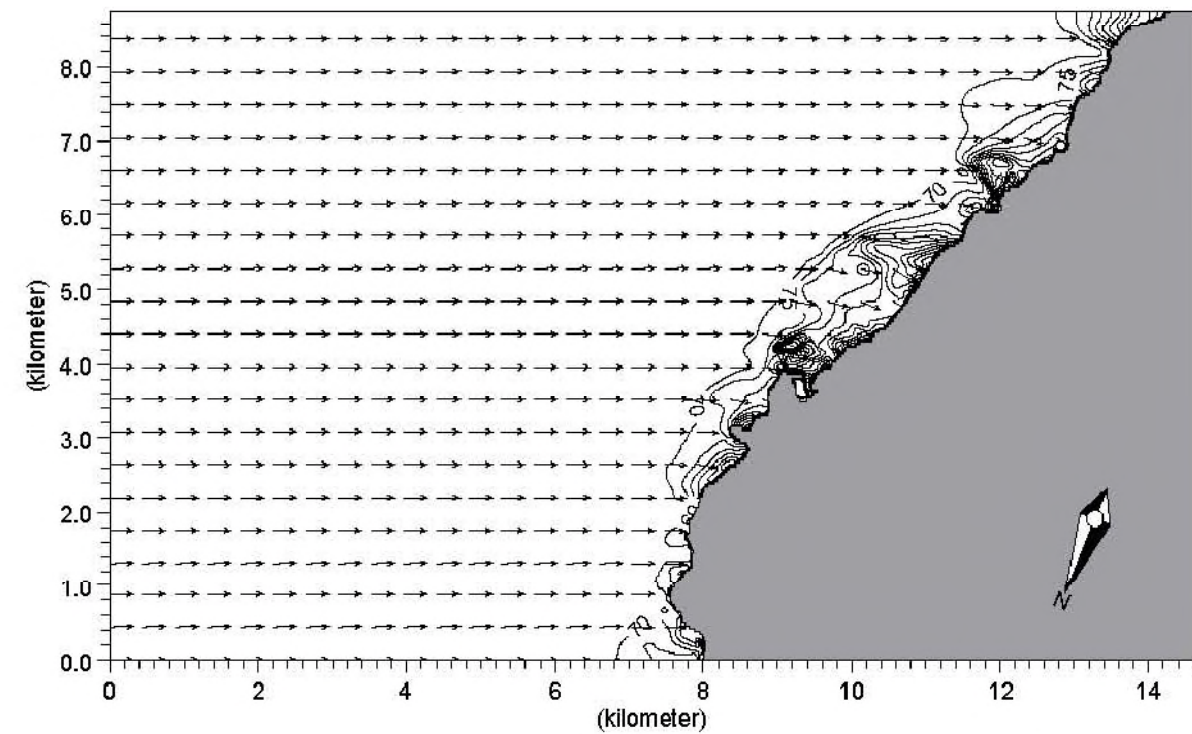
Scale 1:95000



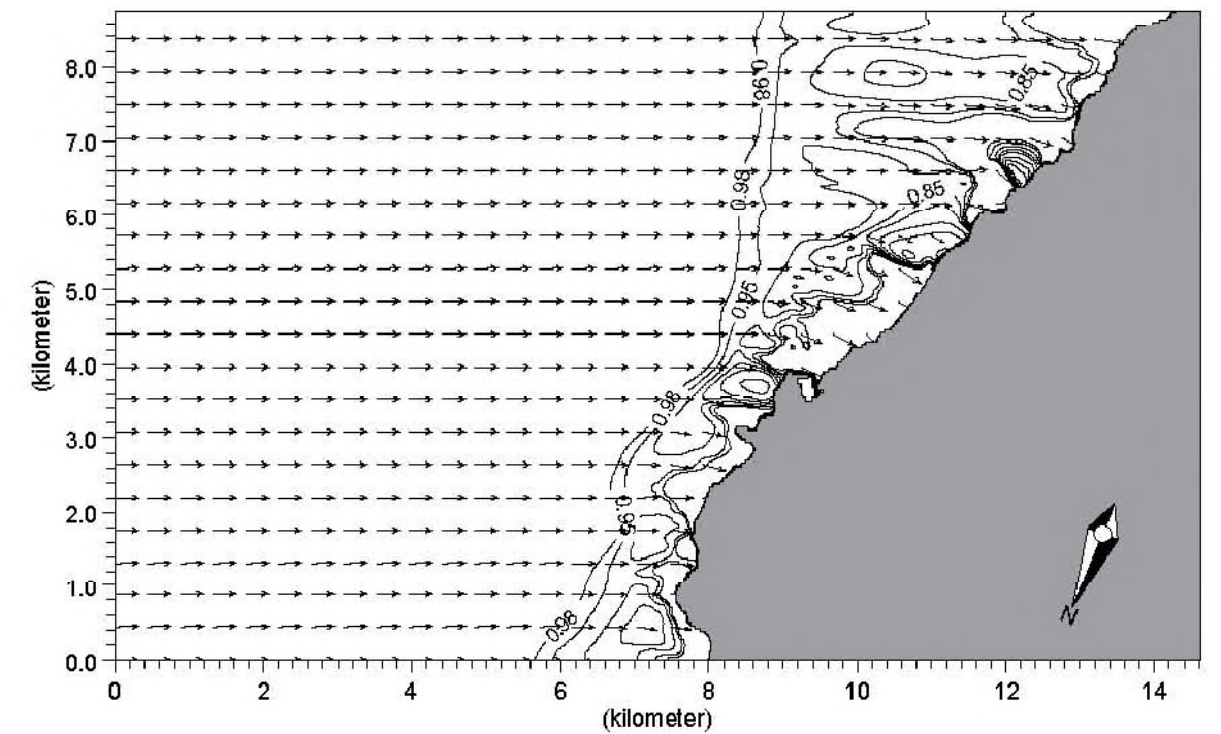
Scale 1:95000

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 8.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=8s$	
	Inst: Dpto. Modelos		Drawing no. Figura 16



		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 8.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=12s$	
	Int. Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 17	



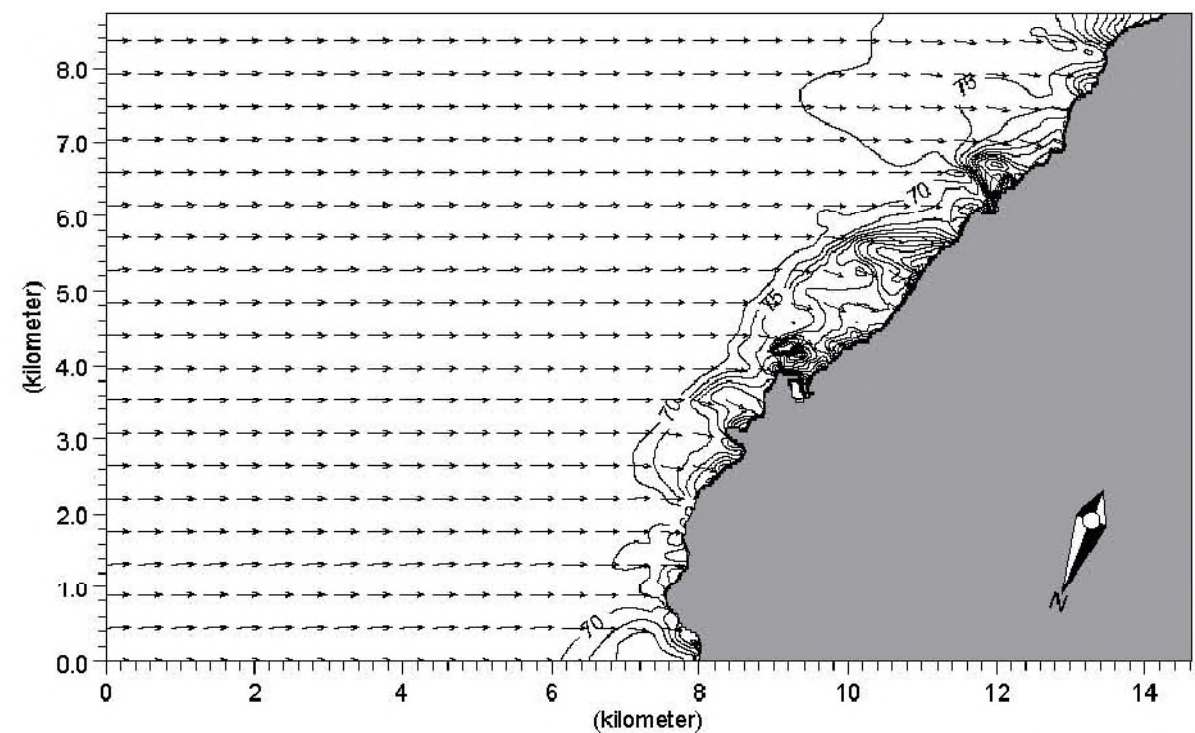
Scale 1:95000



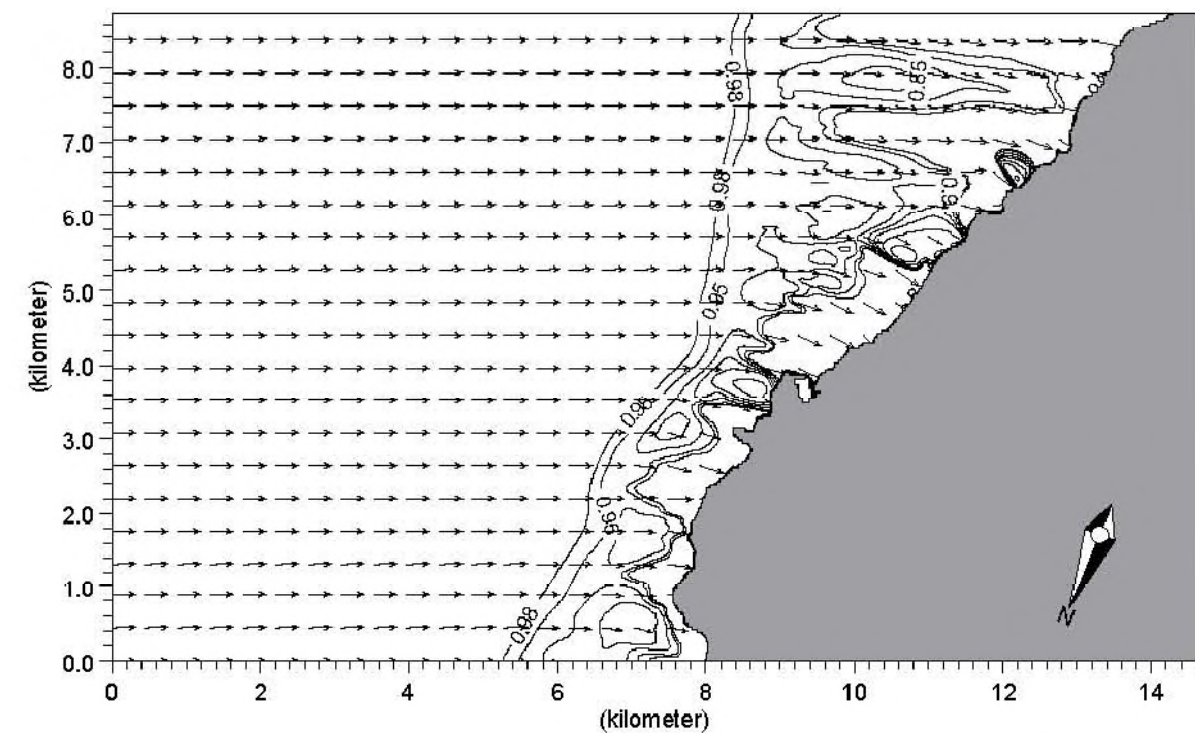
Scale 1:95000

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado n.º 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=12s$		Drawing no. Figura 18
	Int. Dpto. Modelos			


		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado n.º 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=18s$		Drawing no. Figura 19
	Int. Dpto. Modelos			



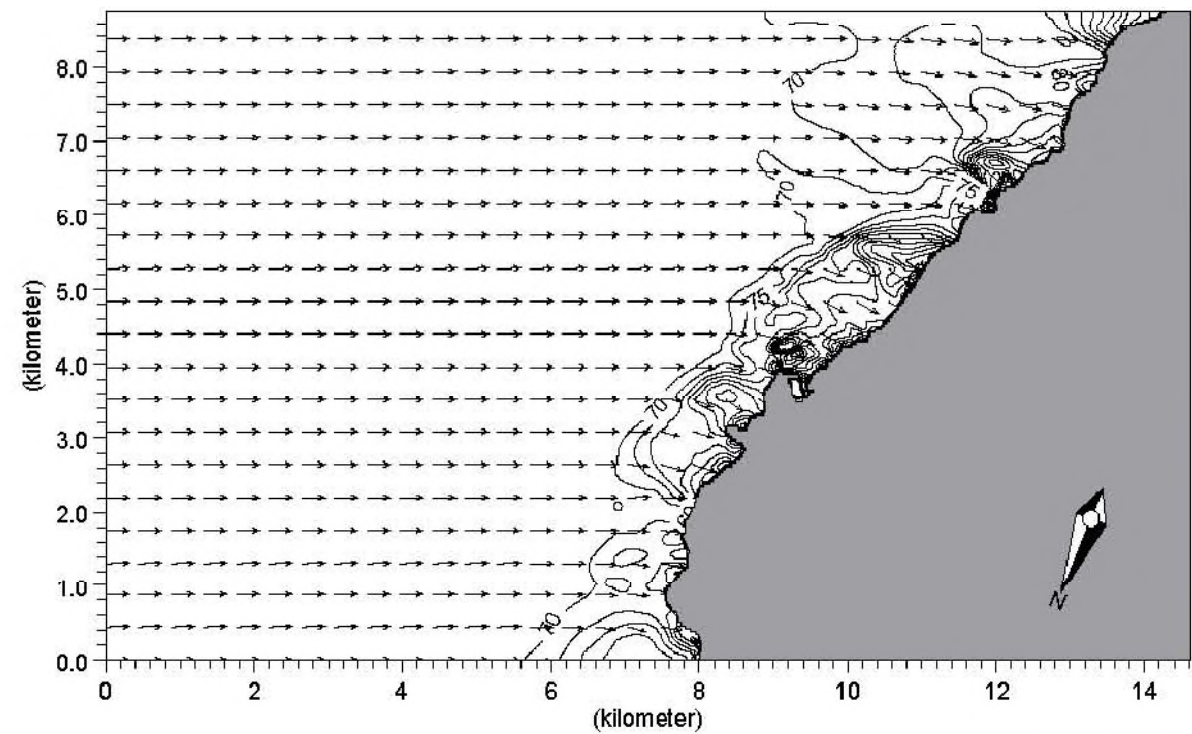
Scale 1:95000



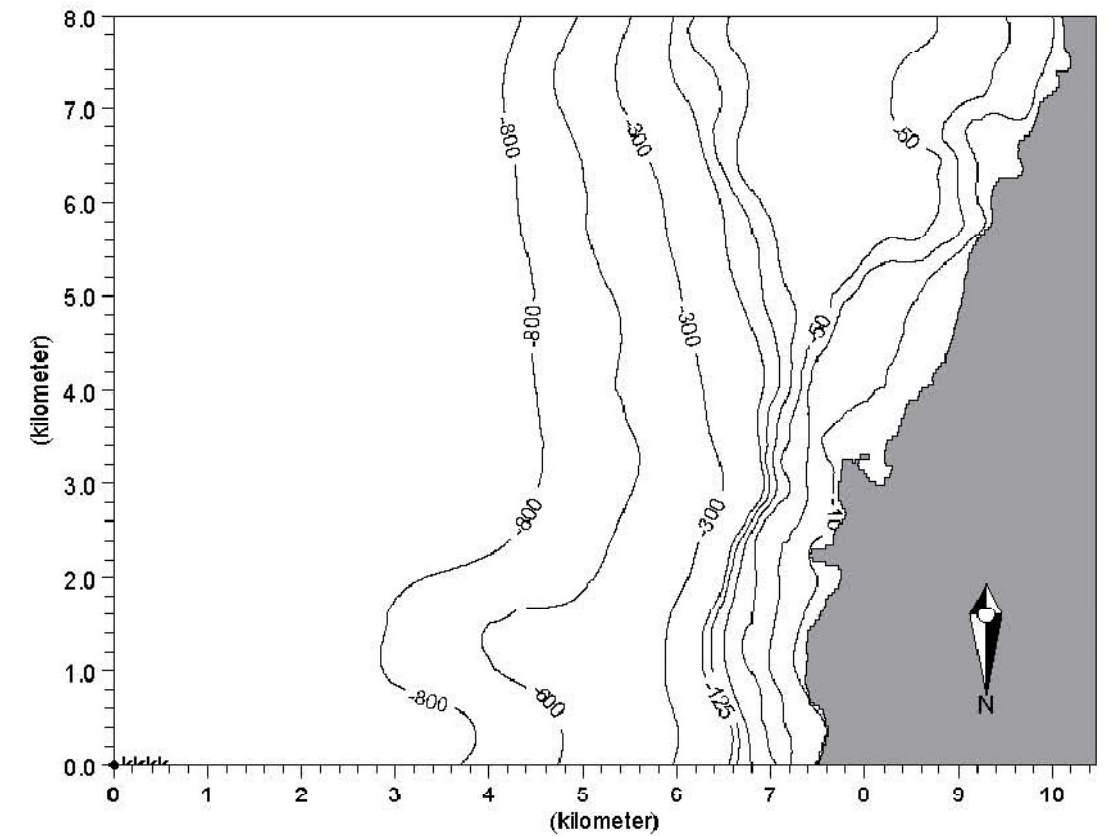
Scale 1:95000

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=18s$	
	Init: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 20	


		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=23s$	
	Init: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 21	



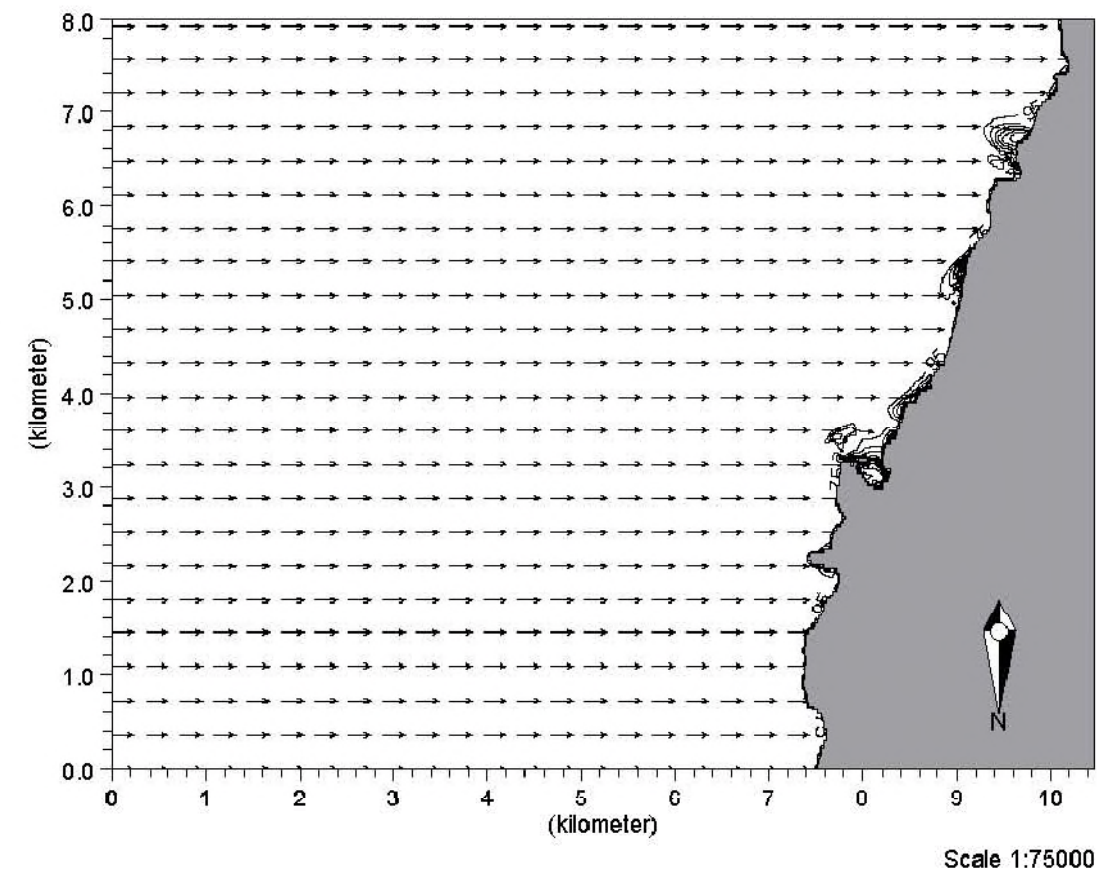
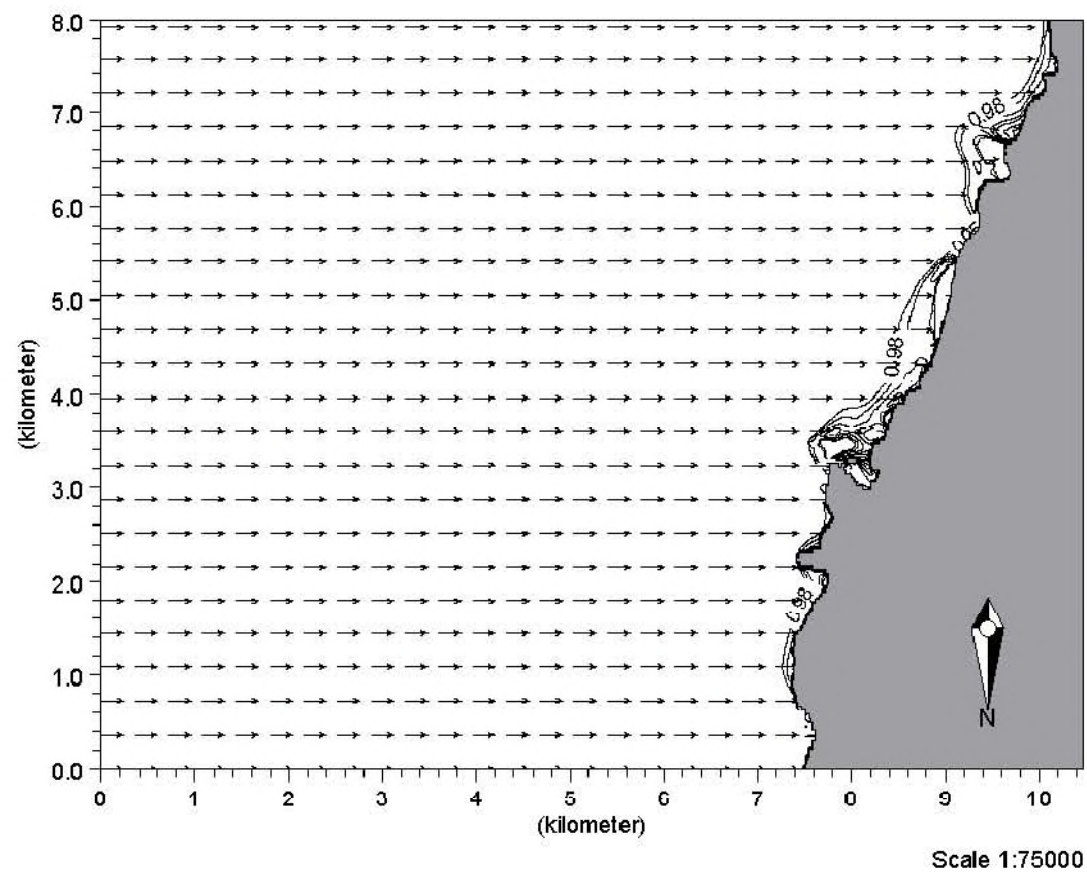
Scale 1:95000








Scale 1:75000

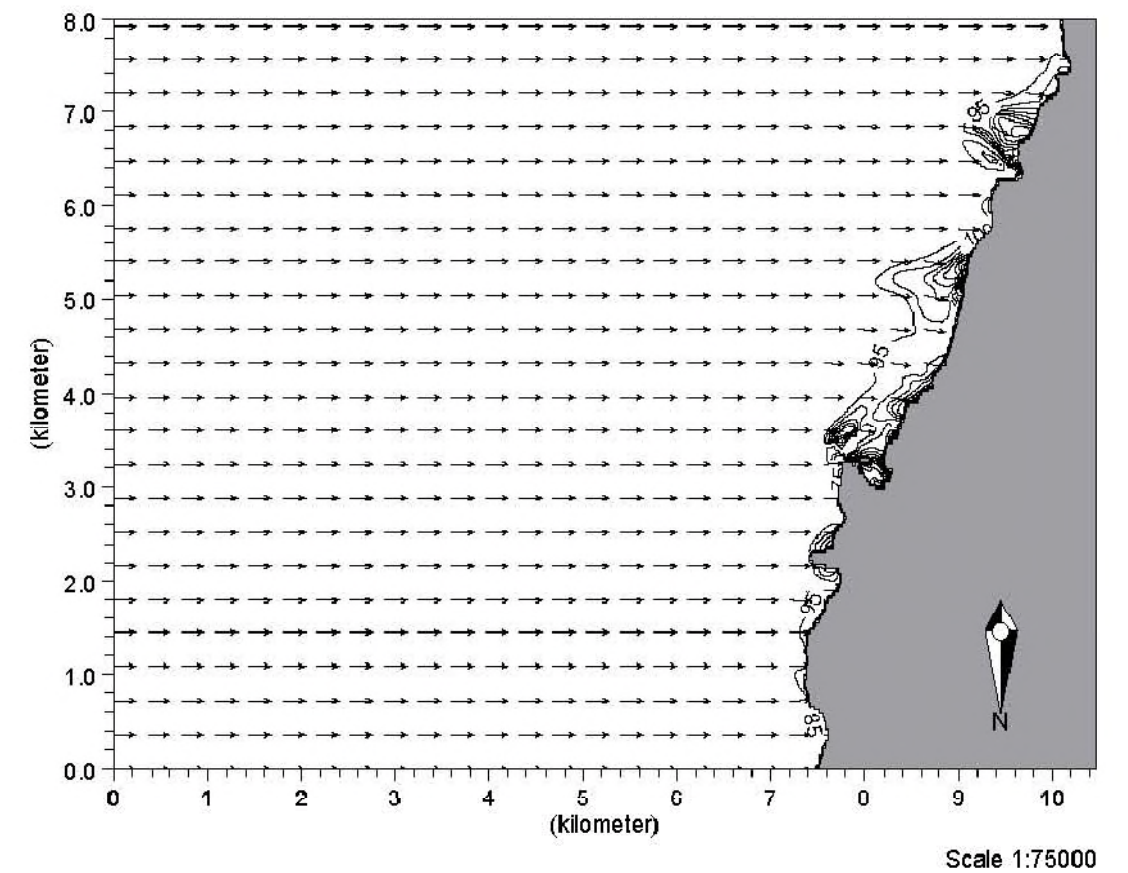
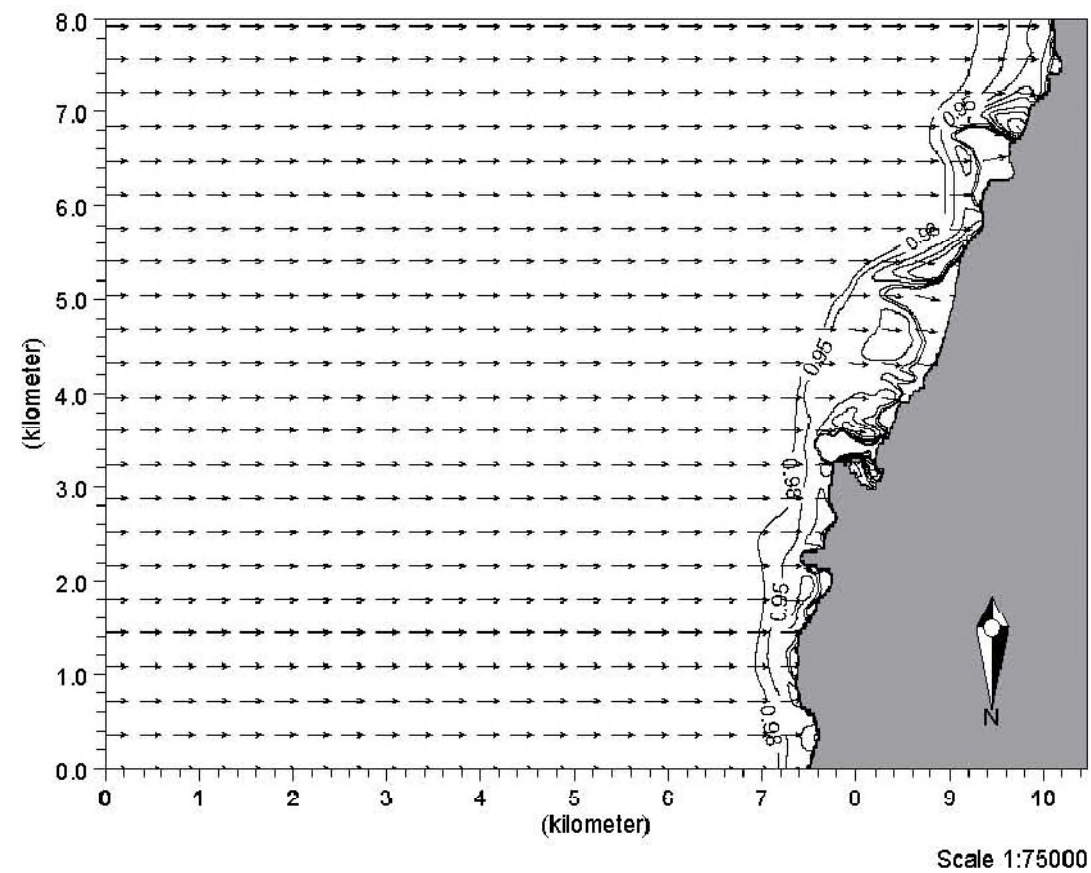
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project: Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE $T_p=23s$	Drawing no. Figura 22
	Tril: Dpto. Modelos		

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
		Project: Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Batimetría para las propagaciones según dirección E	Drawing no. Figura 23
	Intil. Dpto. Modelos		



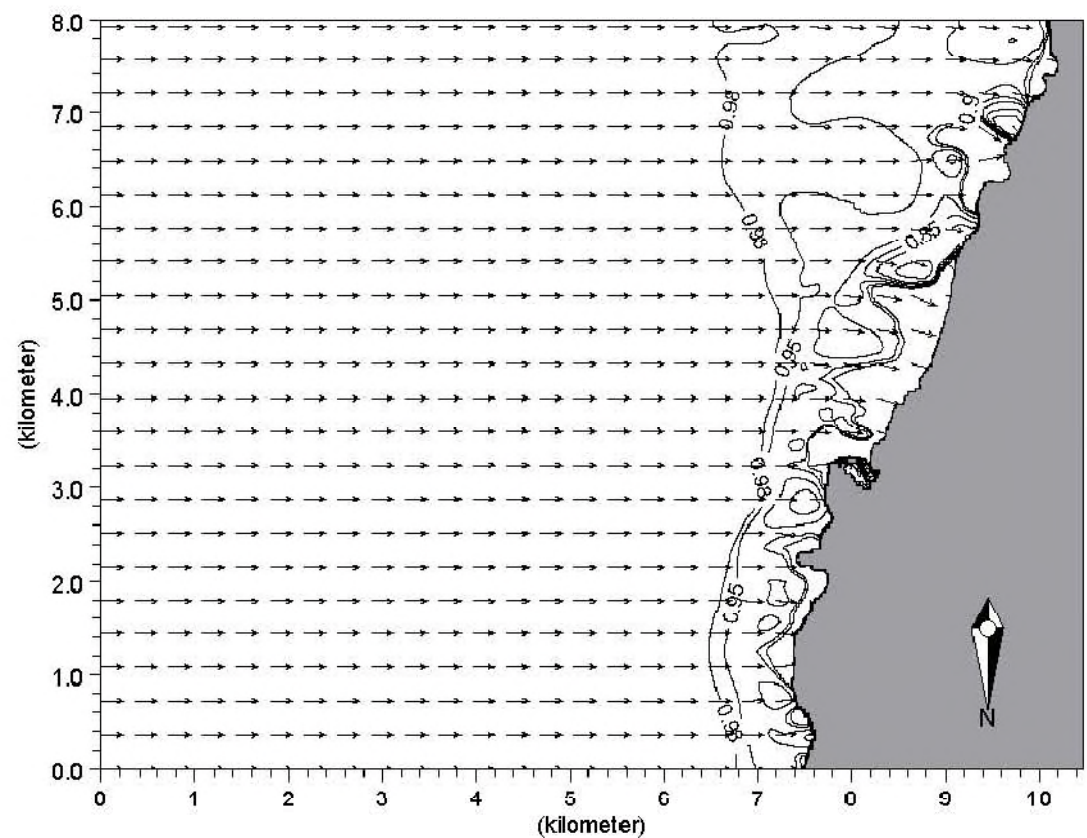
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.794 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=4s$	
	Dpto. Modelos		
		Drawing no. Figura 24	

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.794 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=4s$	Drawing no.	
	Int.: Dpto. Modelos		Figura 25	

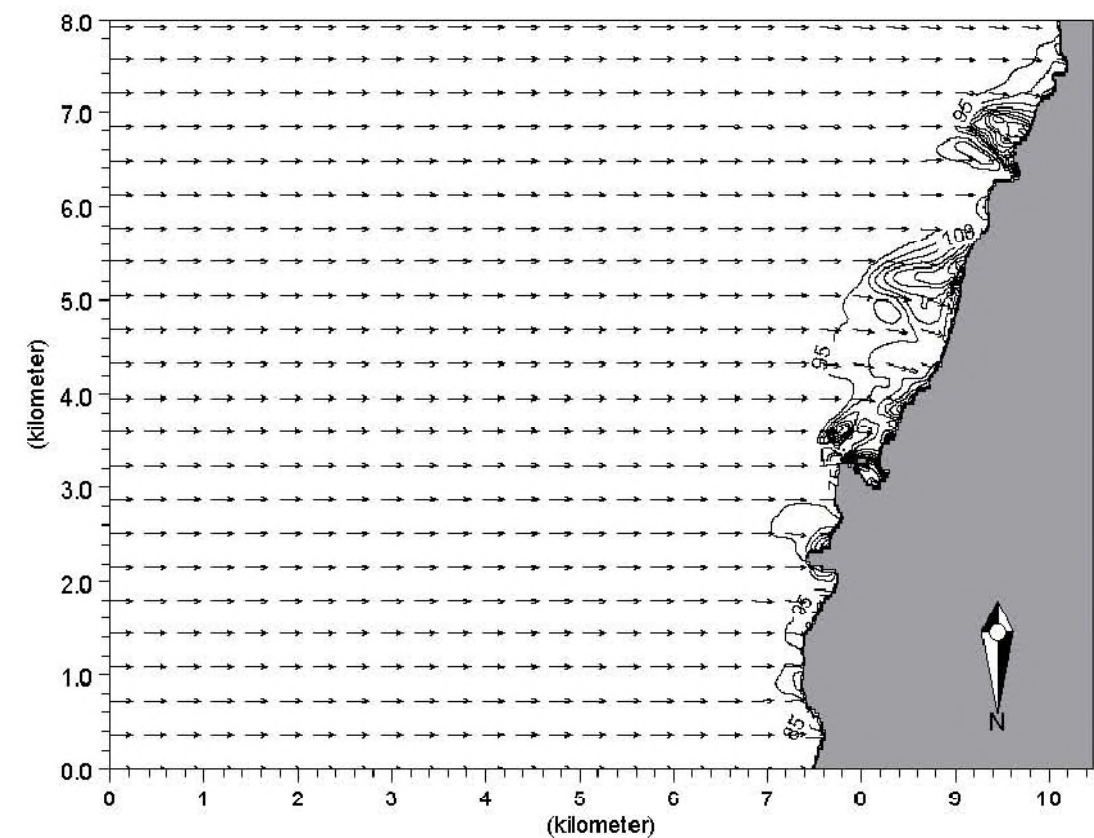


		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		
Project:		Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E Tp=8s	Drawing no. Figura 26	
	Dpto. Modelos			



		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección E Tp=8s	
	Dpto. Modelos		
		Drawing no. Figura 27	






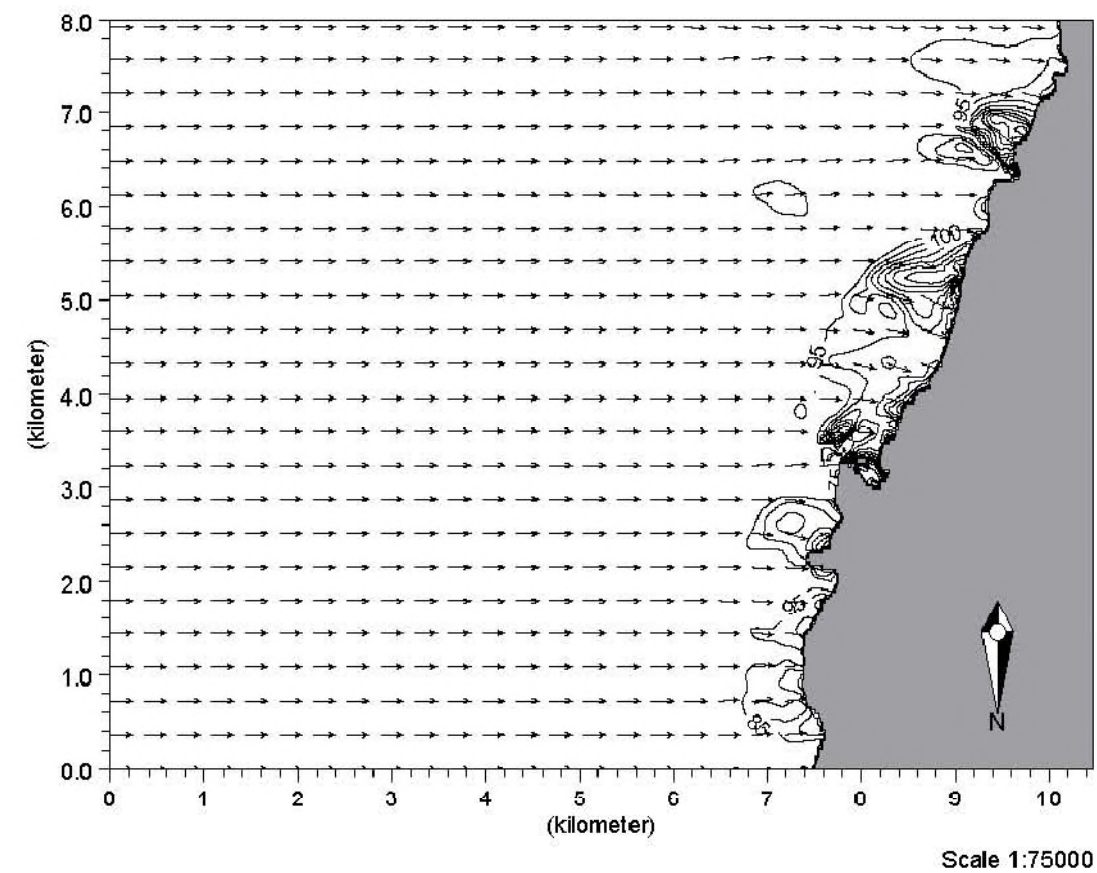
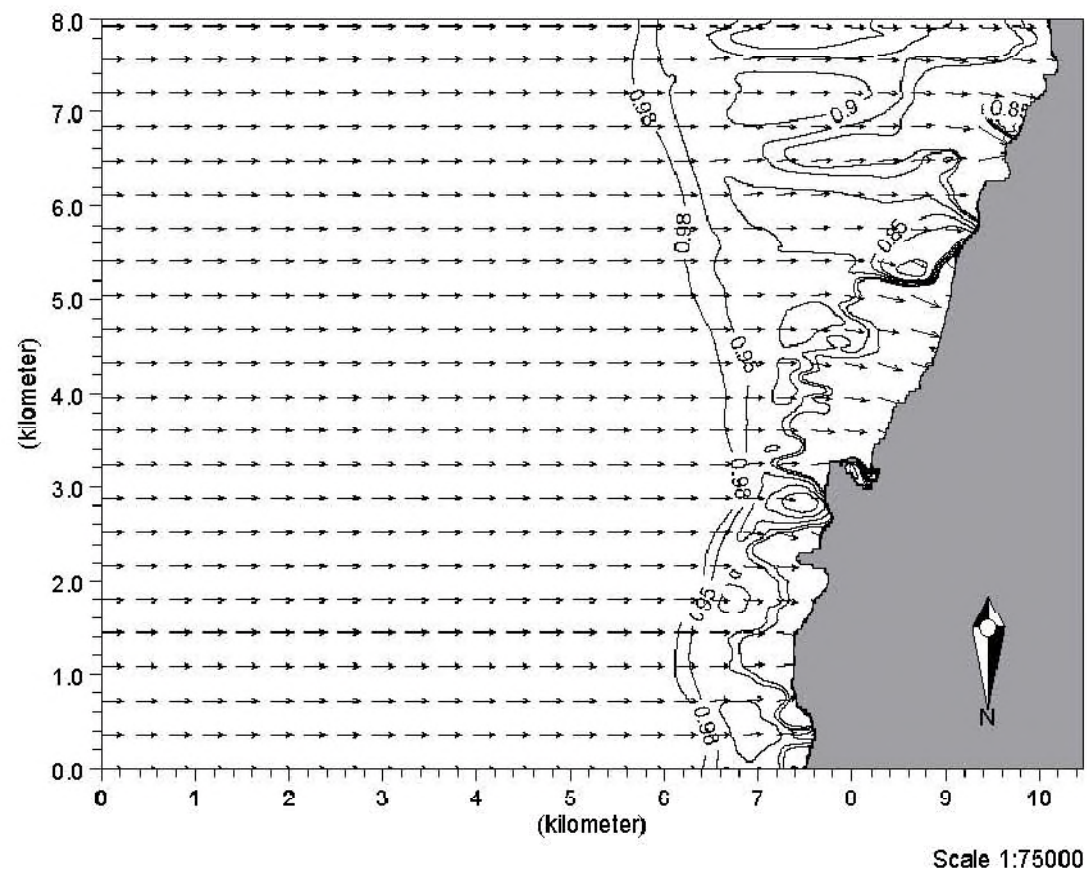
Scale 1:75000





Scale 1:75000

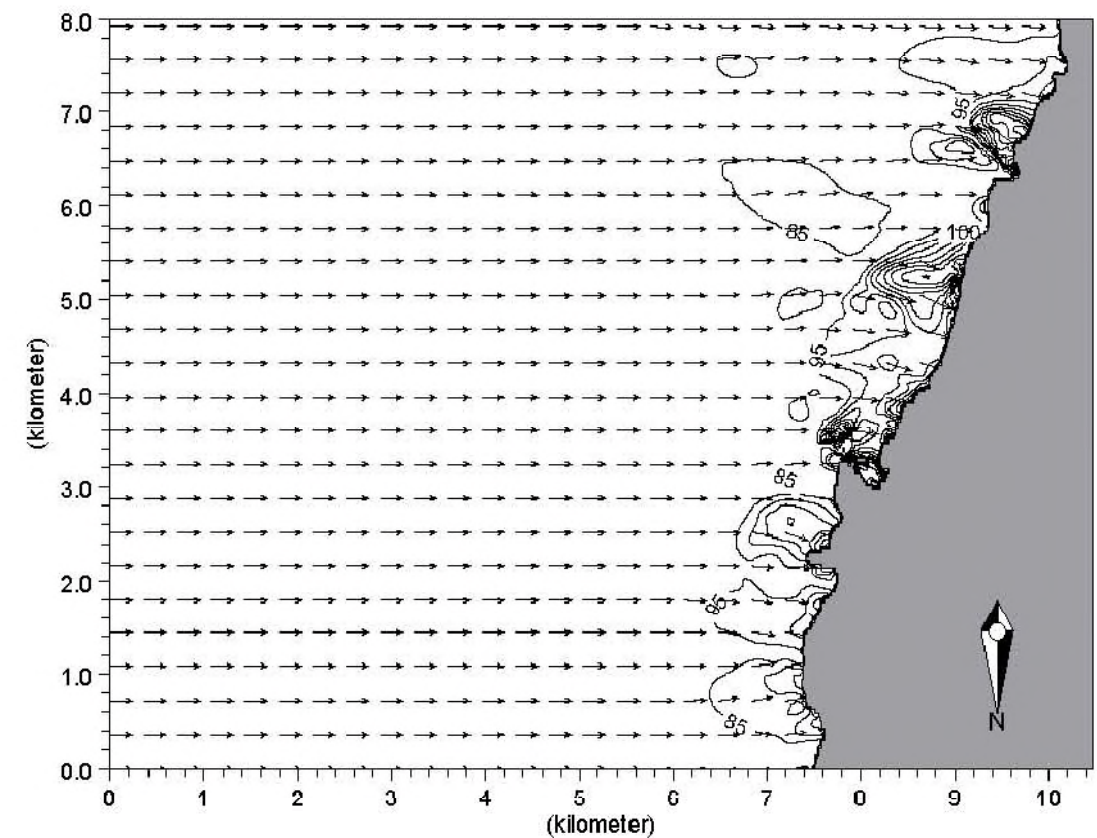
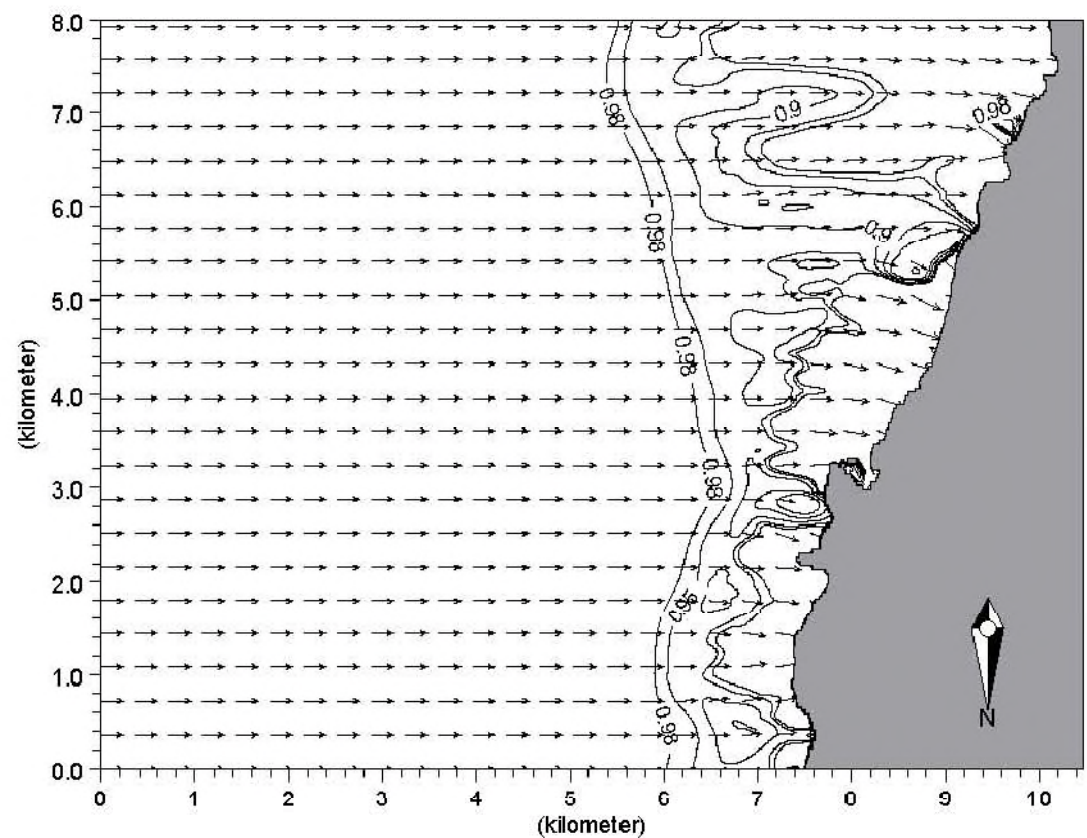
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.764 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=12s$			Drawing no. Figura 28
	Dpto. Modelos				

 HIDTMA		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.764 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
		Project: Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=12s$	
	Int. Dpto. Modelos		
		Drawing no. Figura 29	





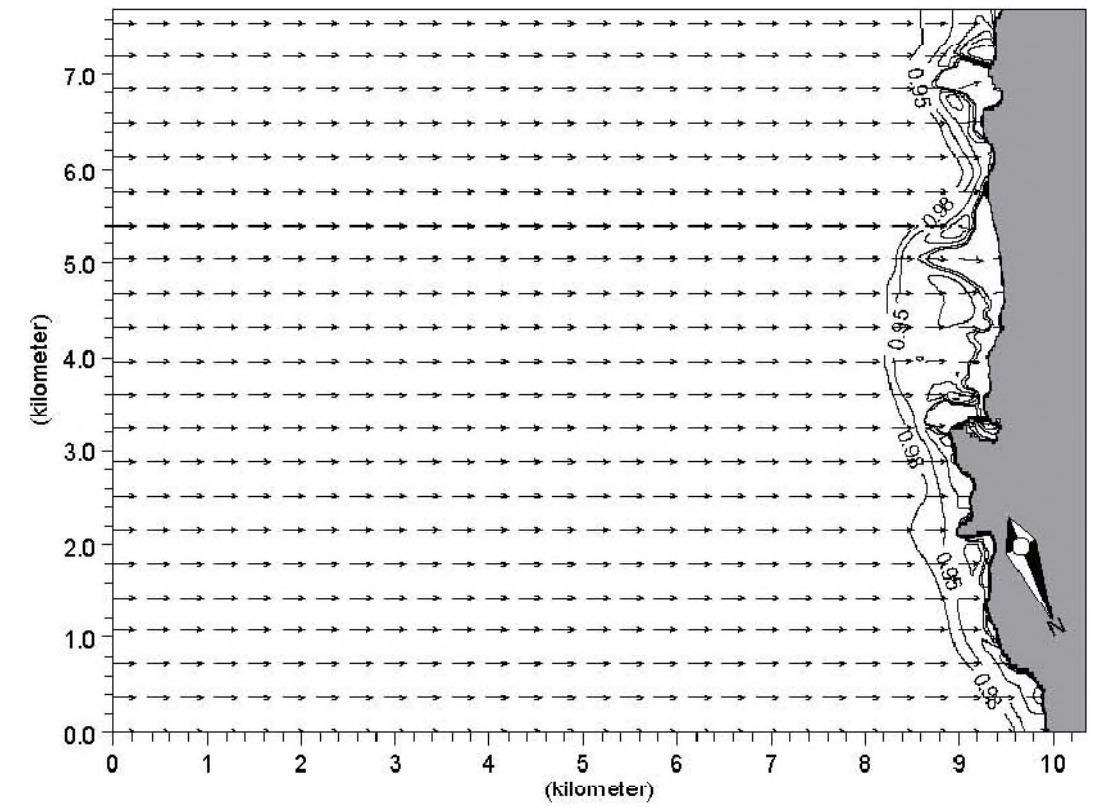
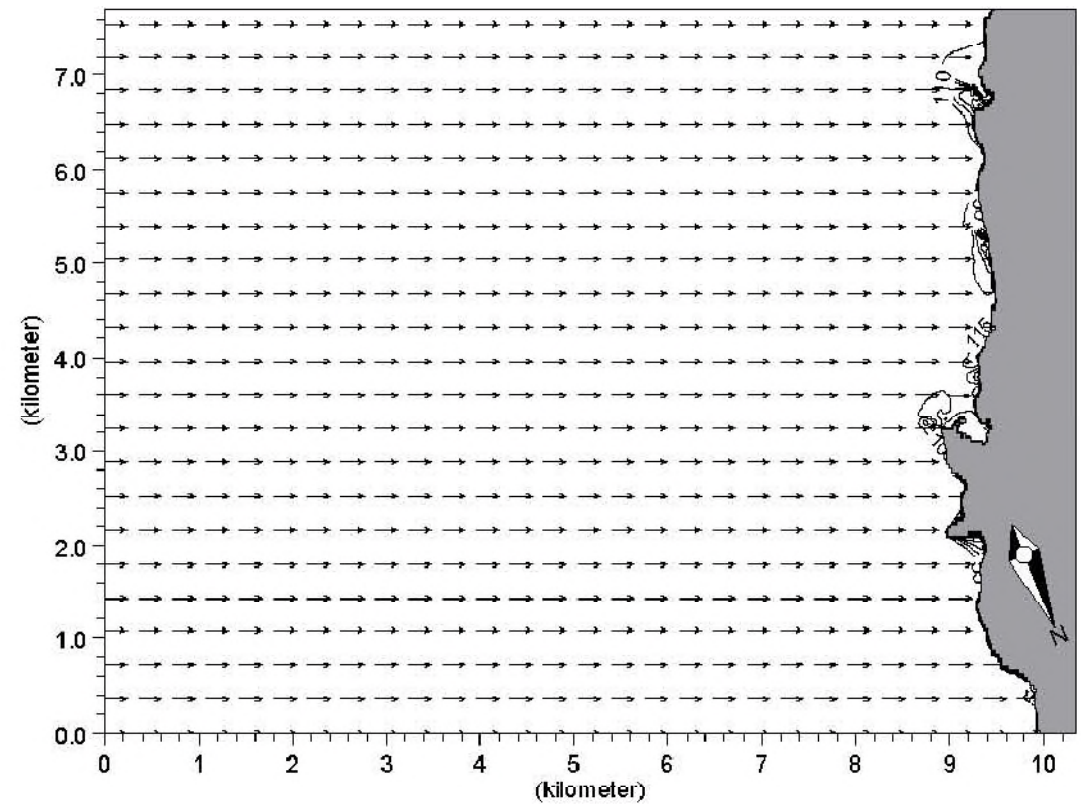
		Client:	 <div>Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA</div>	MIKEZero	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=18s$			Drawing no.
M21 NSW	22/11/04				
	IntL				Figura 30
	Dpto. Modelos				

 HIDTMA		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=18s$	Drawing no. Figura 31
M21 NSW	22/11/04		
	IntL Dpto. Modelos		





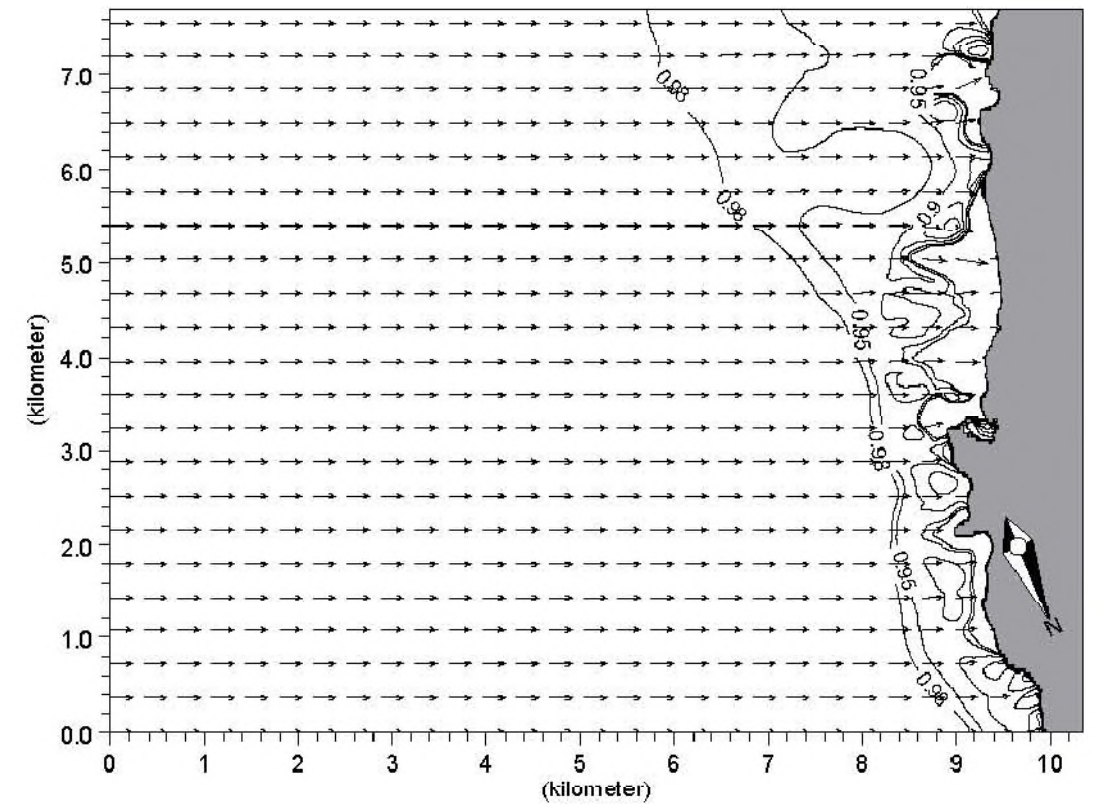
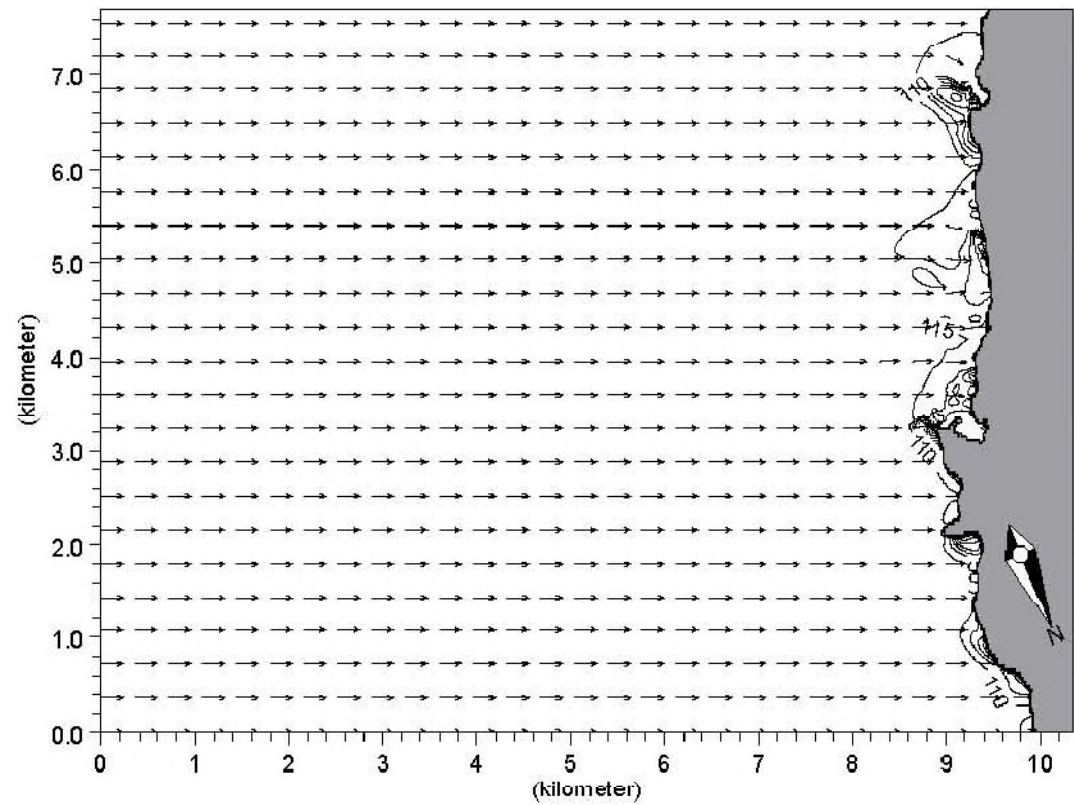
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.764 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E $T_p=23s$	
	Dpto. Modelos		
		Drawing no. Figura 32	

 HIDTMA		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.764 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección E Tp=23s	
	Int. Dpto. Modelos		
		Drawing no. Figura 33	




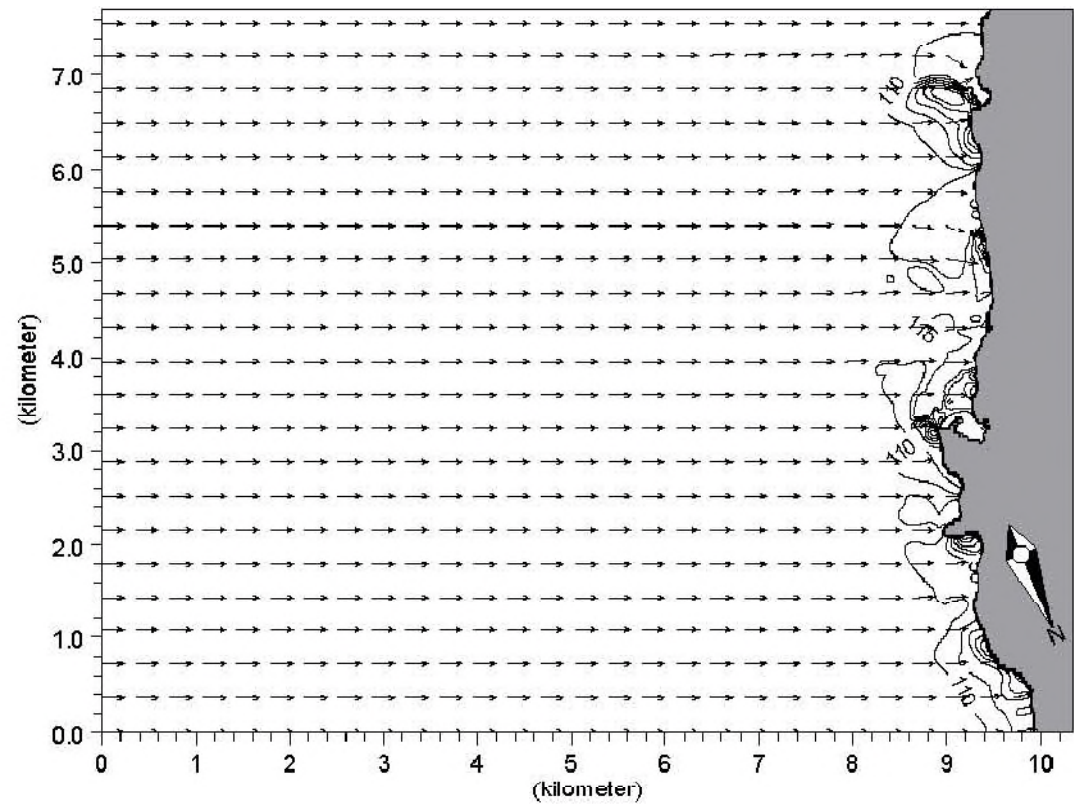
		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=4s$		Drawing no.
M21 NSW	22/11/04			
	Dpto. Modelos	Figura 36		

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=8s$		Drawing no.
M21 NSW	22/11/04			
	Dpto. Modelos	Figura 37		

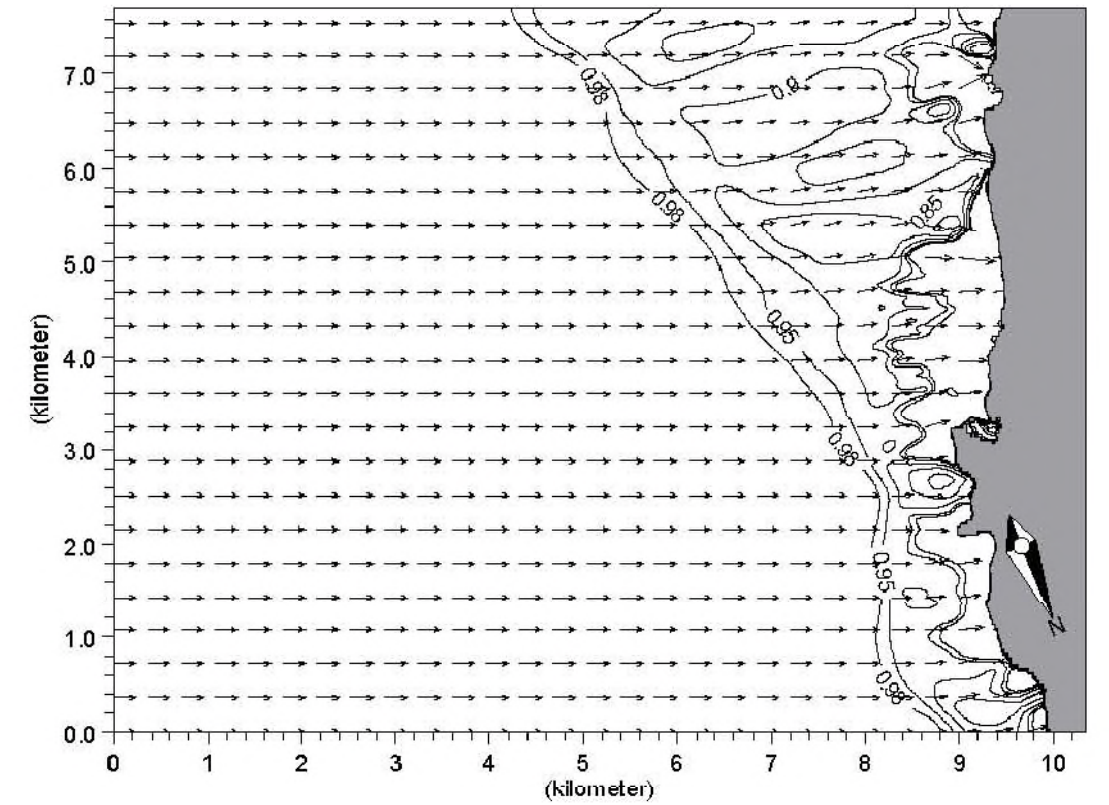


		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.764 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=8s$		Drawing no. Figura 38
	Int. Dpto. Modelos			



		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.764 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=12s$		Drawing no. Figura 39
	Int. Dpto. Modelos			



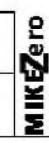


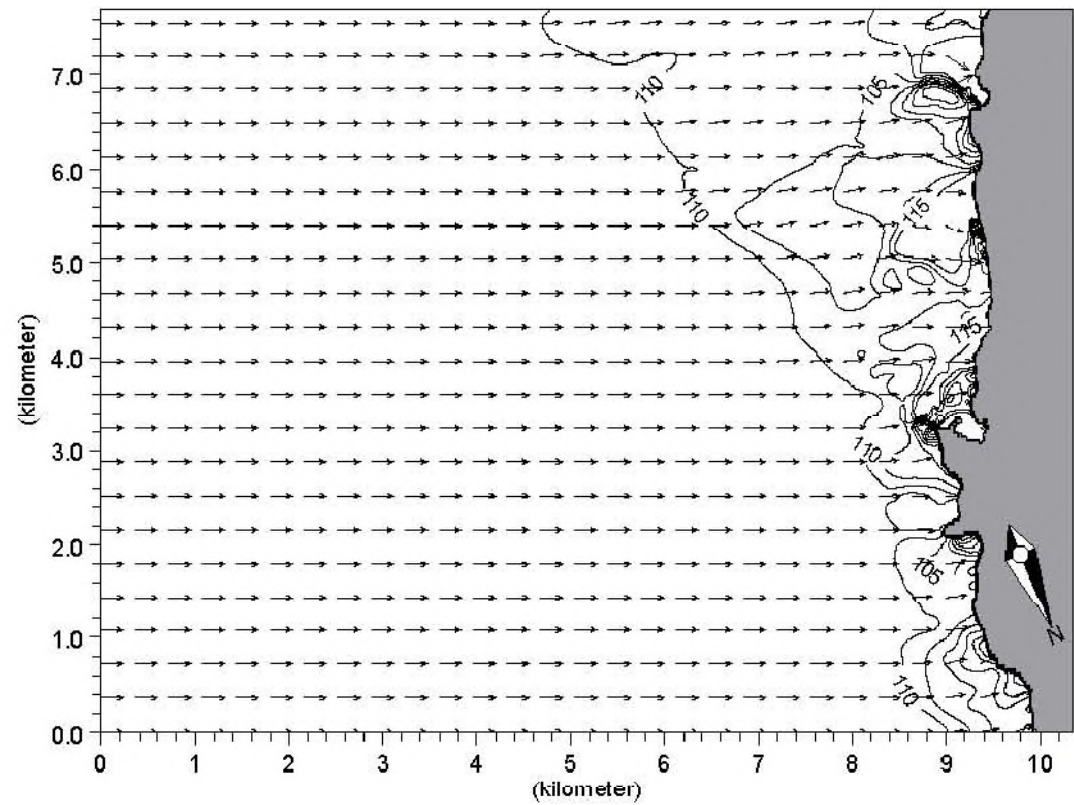
Scale 1:75000



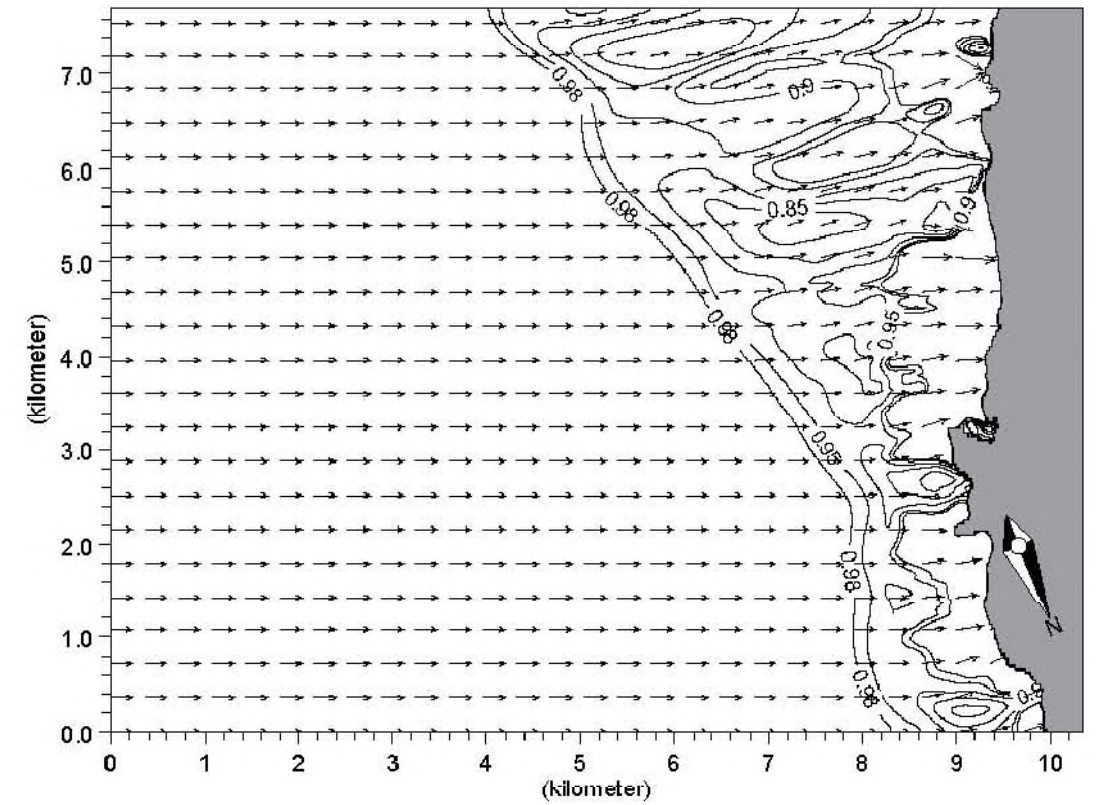
Scale 1:75000

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.754 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=12s$		Drawing no.
M21 NSW	22/11/04			
	Tril.	Dpto. Modelos		Figura 40

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.754 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=18s$		Drawing no.
M21 NSW	22/11/04			
	Tril.	Dpto. Modelos		Figura 41





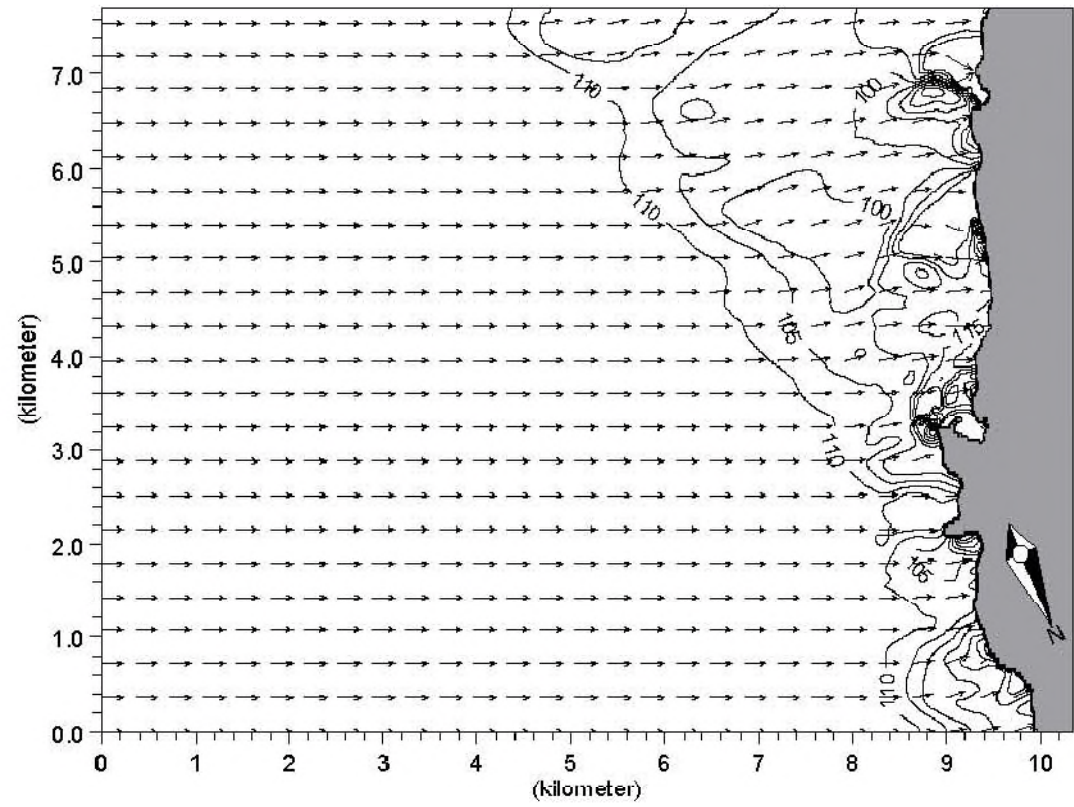
Scale 1:75000



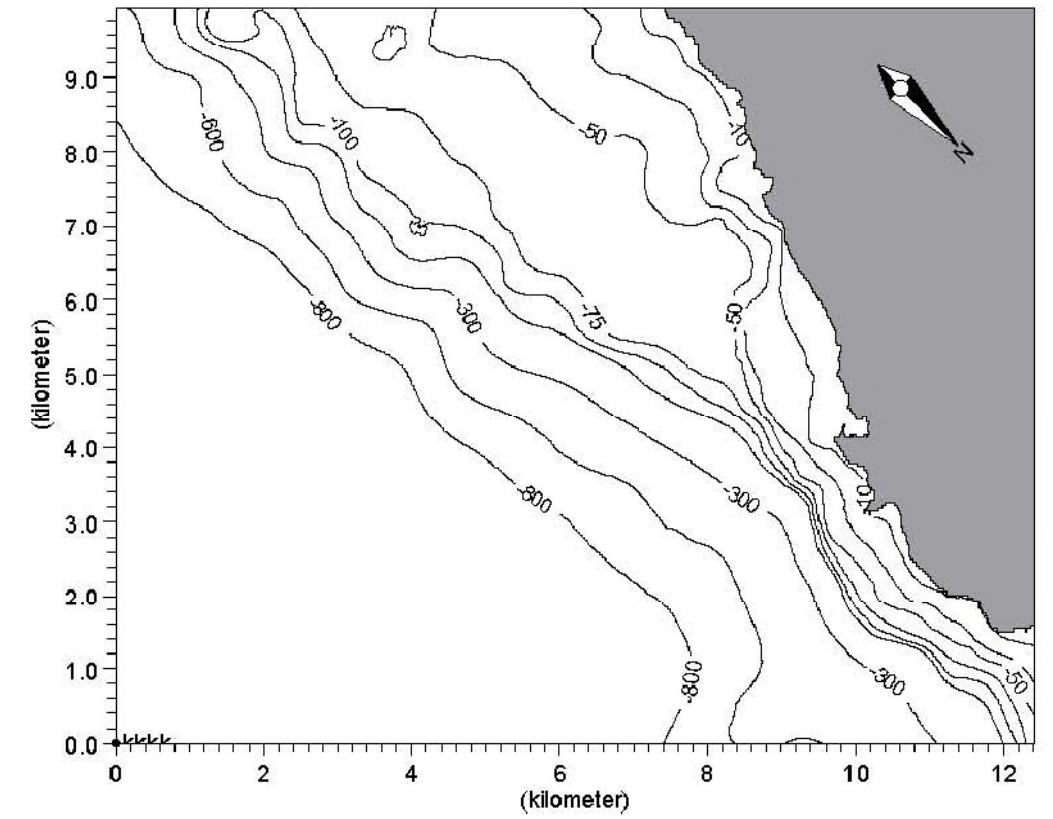
Scale 1:75000

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=18s$	Drawing no. Figura 42
	mil. Dpto. Modelos		

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
		Project: Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=23s$	Drawing no. Figura 43
	mil. Dpto. Modelos		





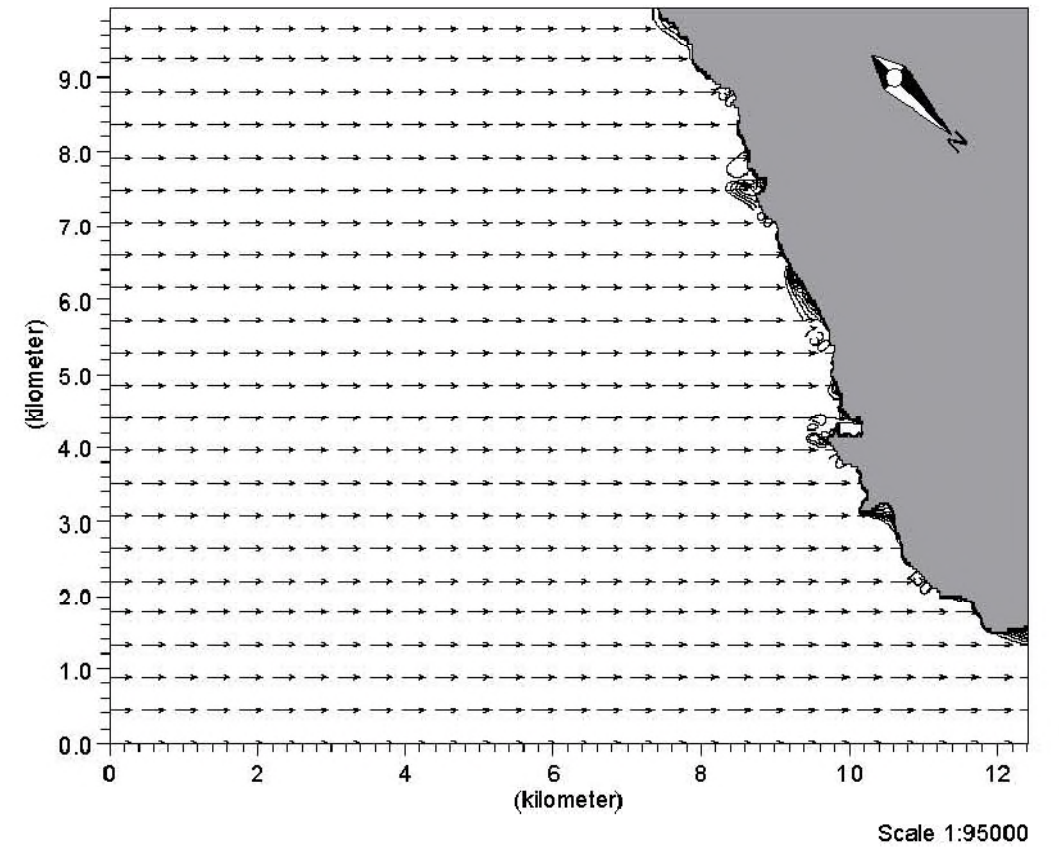
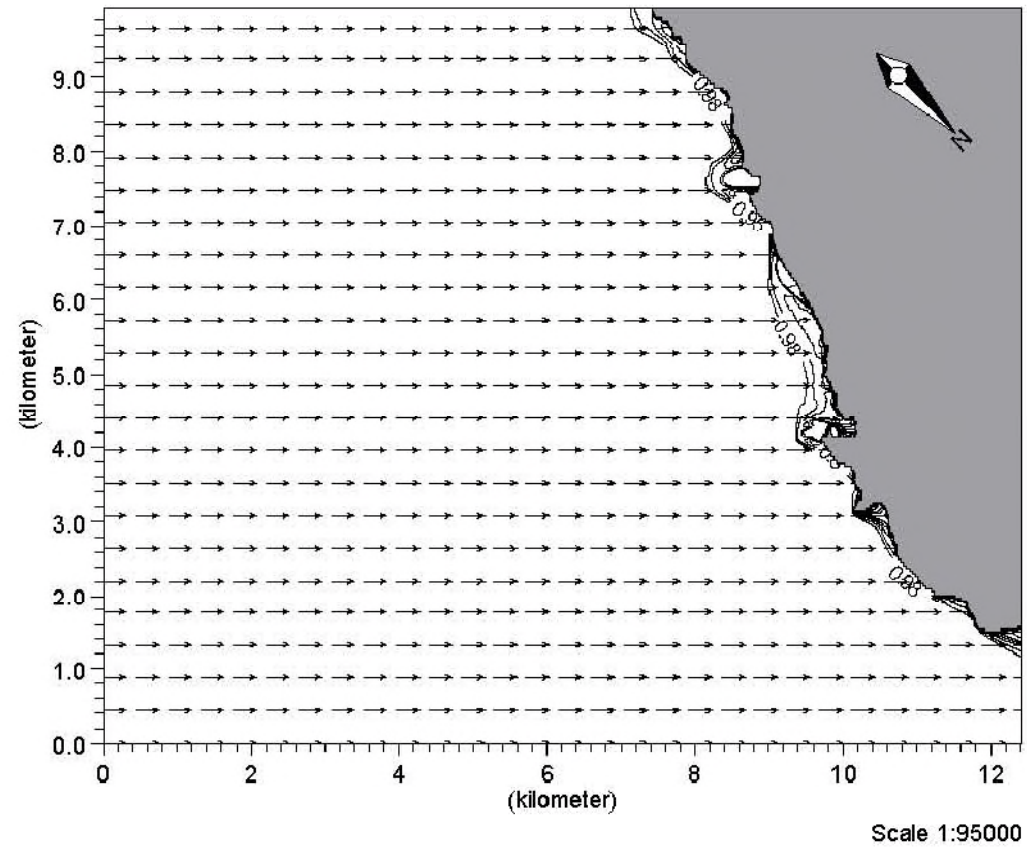
Scale 1:75000




Scale 1:95000

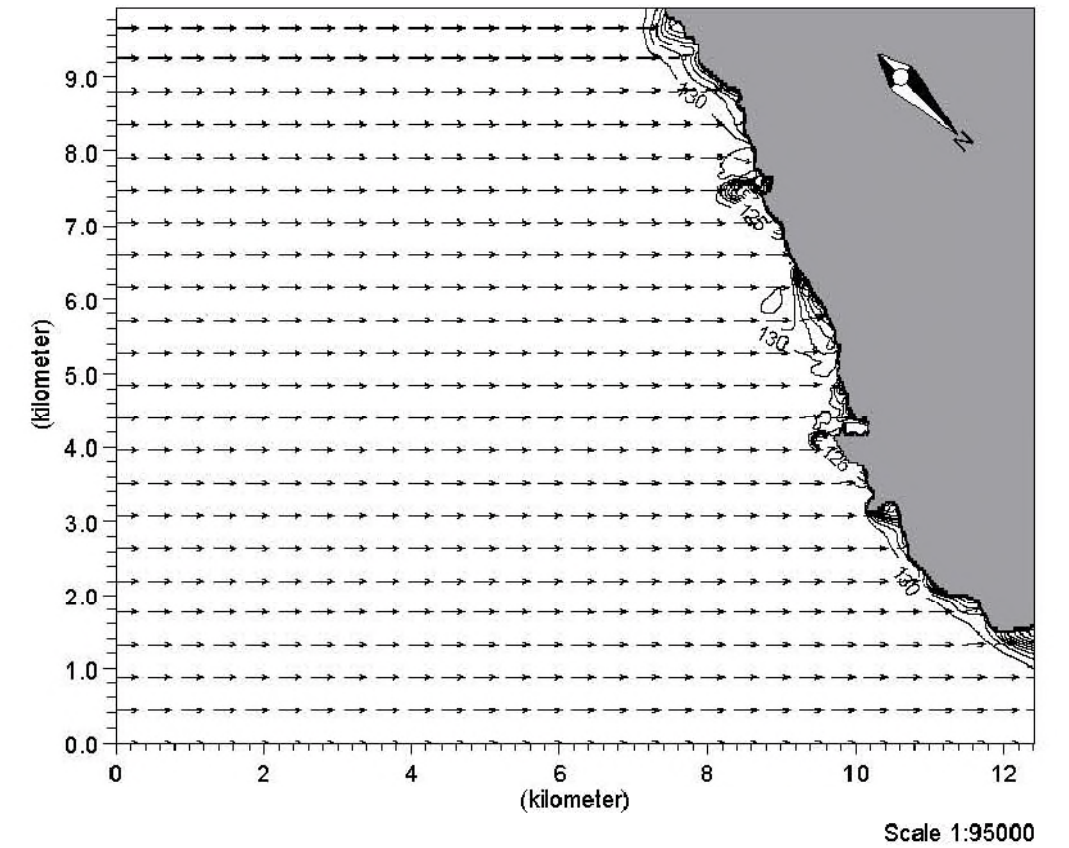
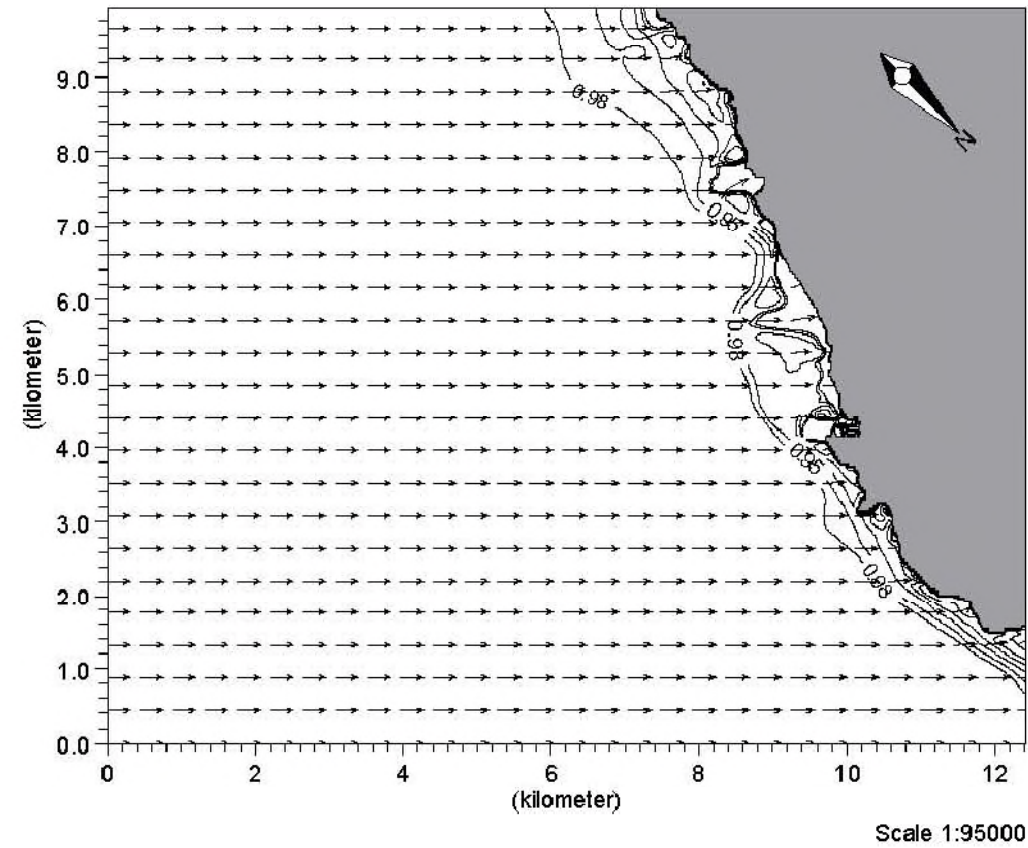
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 9.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE $T_p=23s$	
	Unit: Dpto. Modelos		Drawing no. Figura 44

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 9.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Batimetría para las propagaciones según dirección SE	
	IMIL Dpto. Modelos		Drawing no. Figura 45



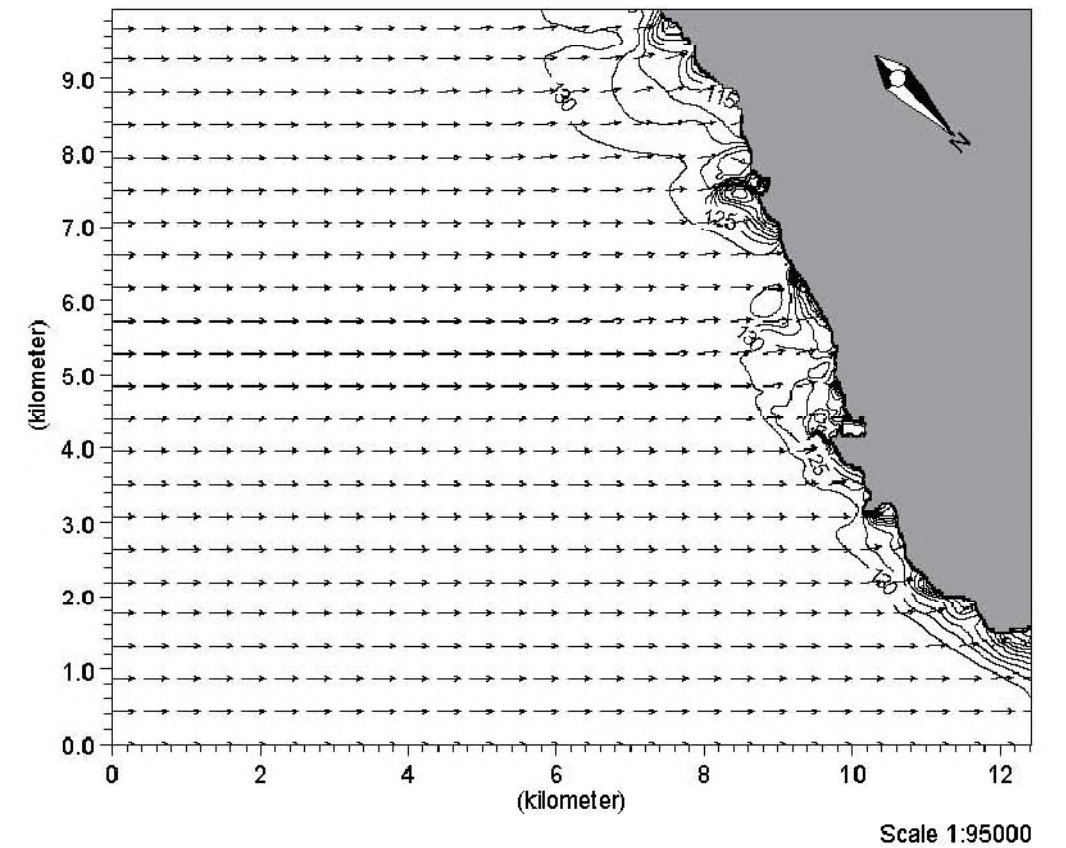
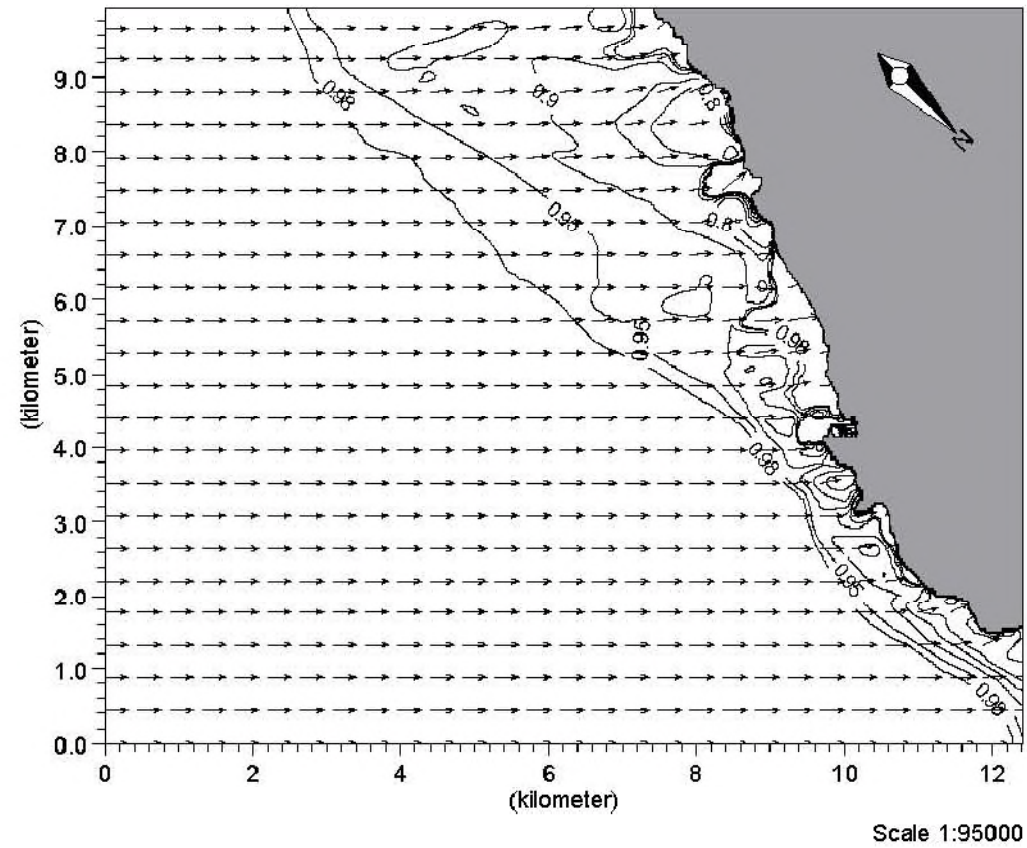
		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.794 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE $T_p=4s$		
	IntL: Dpto. Modelos			
		Drawing no. Figura 46		

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.794 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SE $T_p=4s$			Drawing no. Figura 47
	IntL: Dpto. Modelos				






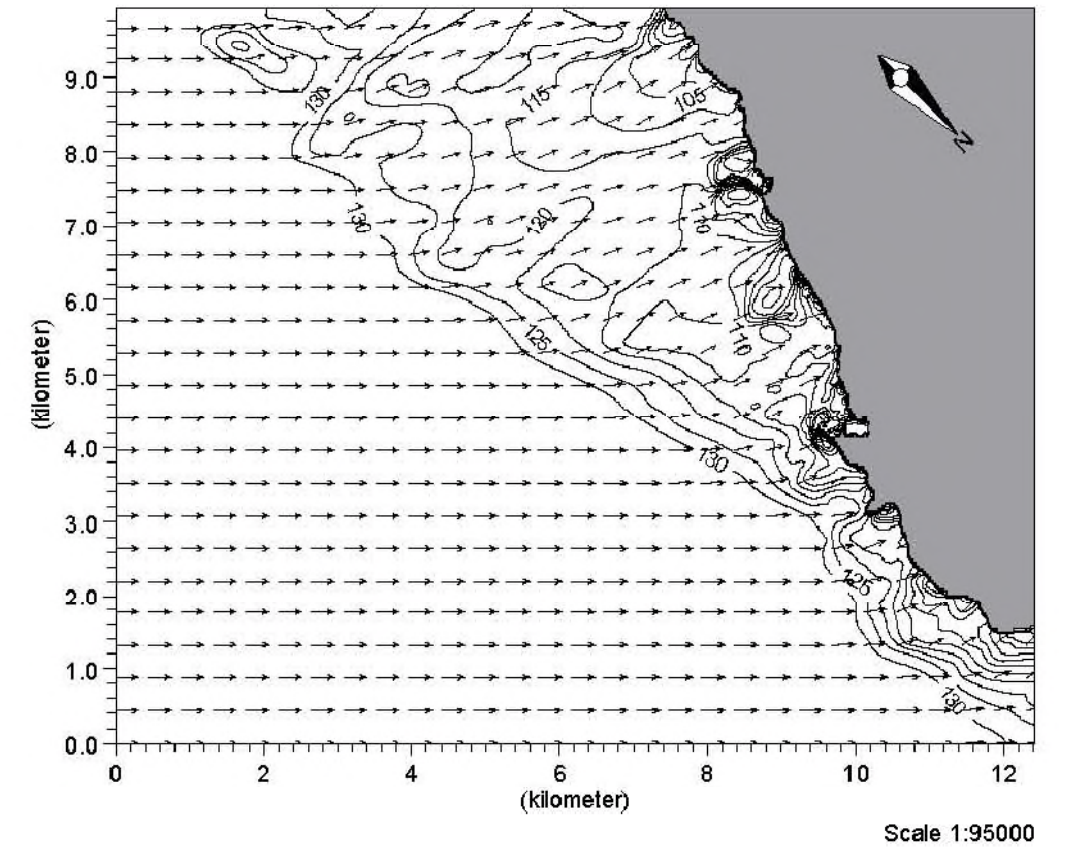
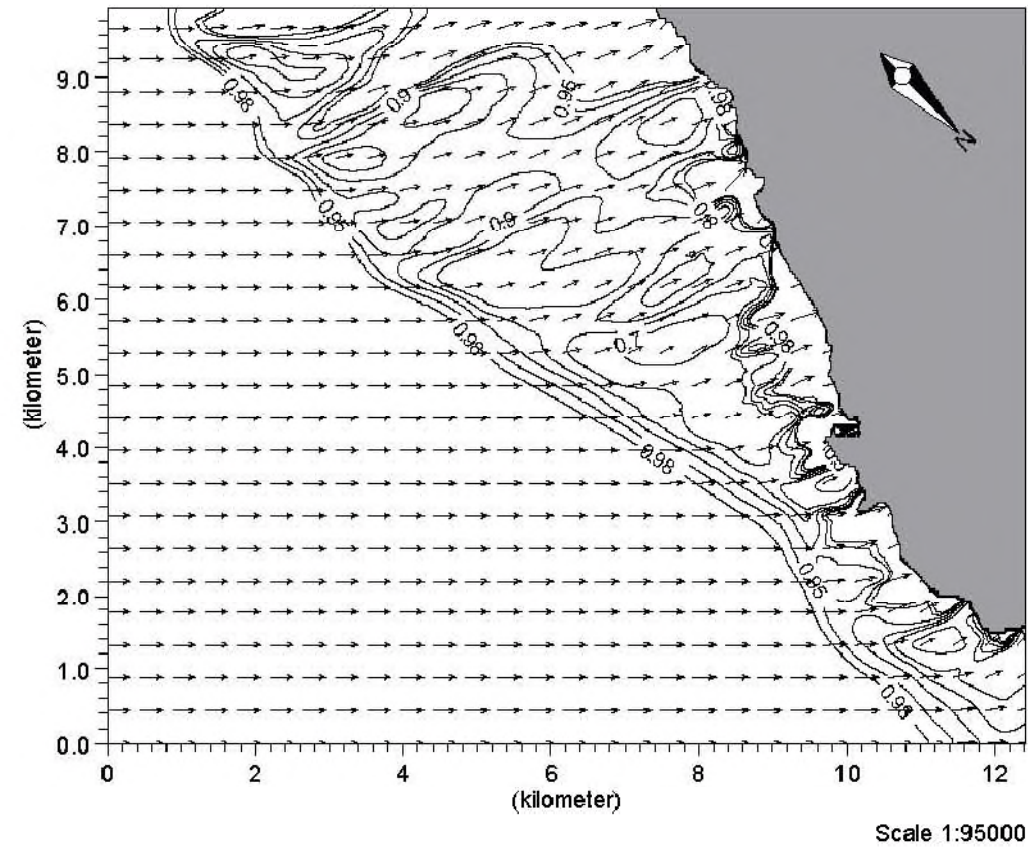
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		
Project:		Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE Tp=8s	Drawing no. Figura 48	
	Init: Dpto. Modelos			

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SE Tp=8s	
	Init: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 49	





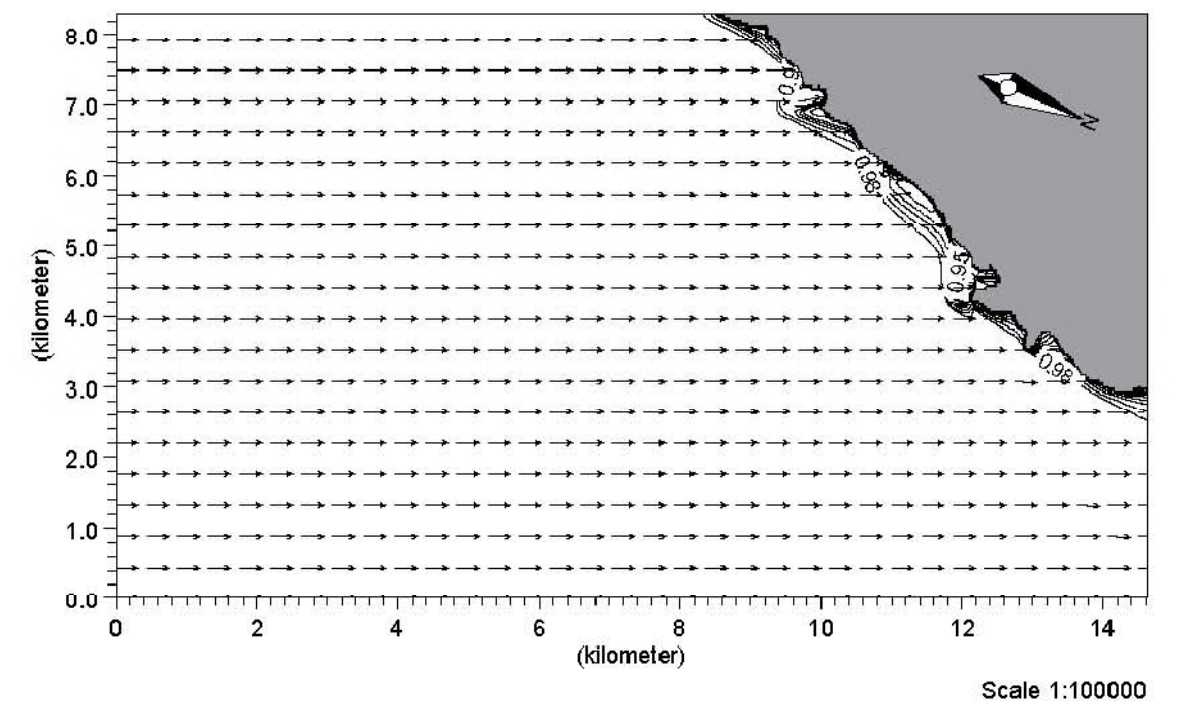
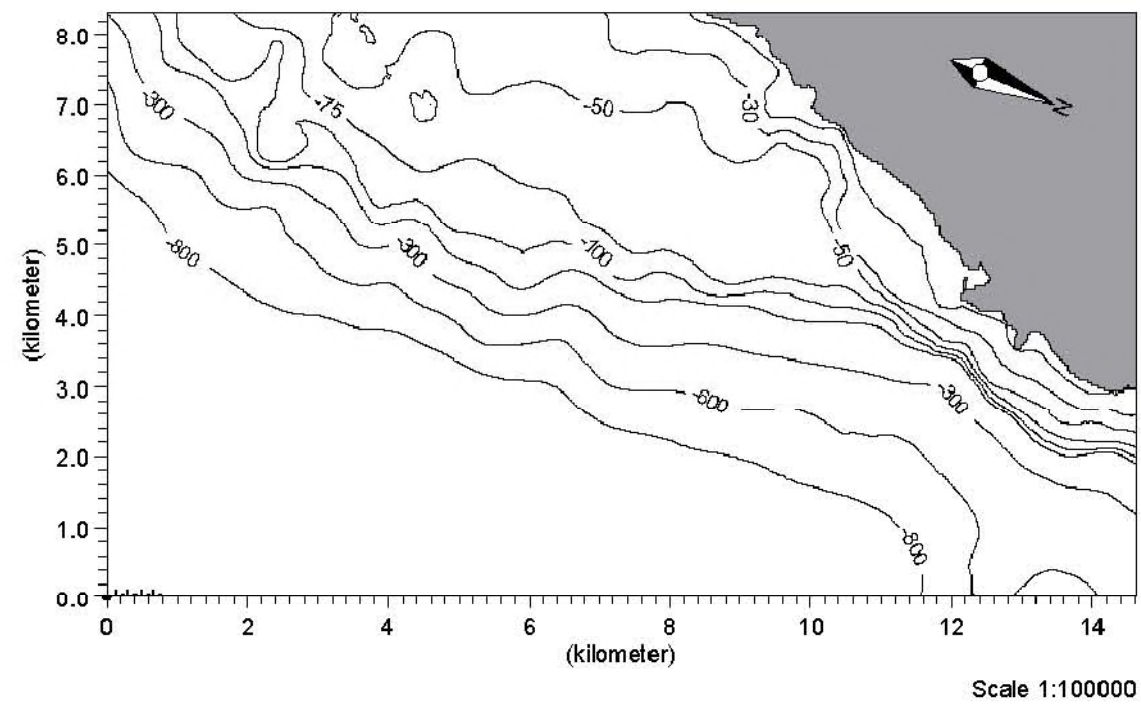
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.794 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE Tp=12s	
	Dpto. Modelos		
		Drawing no. Figura 50	




		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.794 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		
		Project: Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SE Tp=12s		Drawing no. Figura 51
	Tril. Dpto. Modelos			



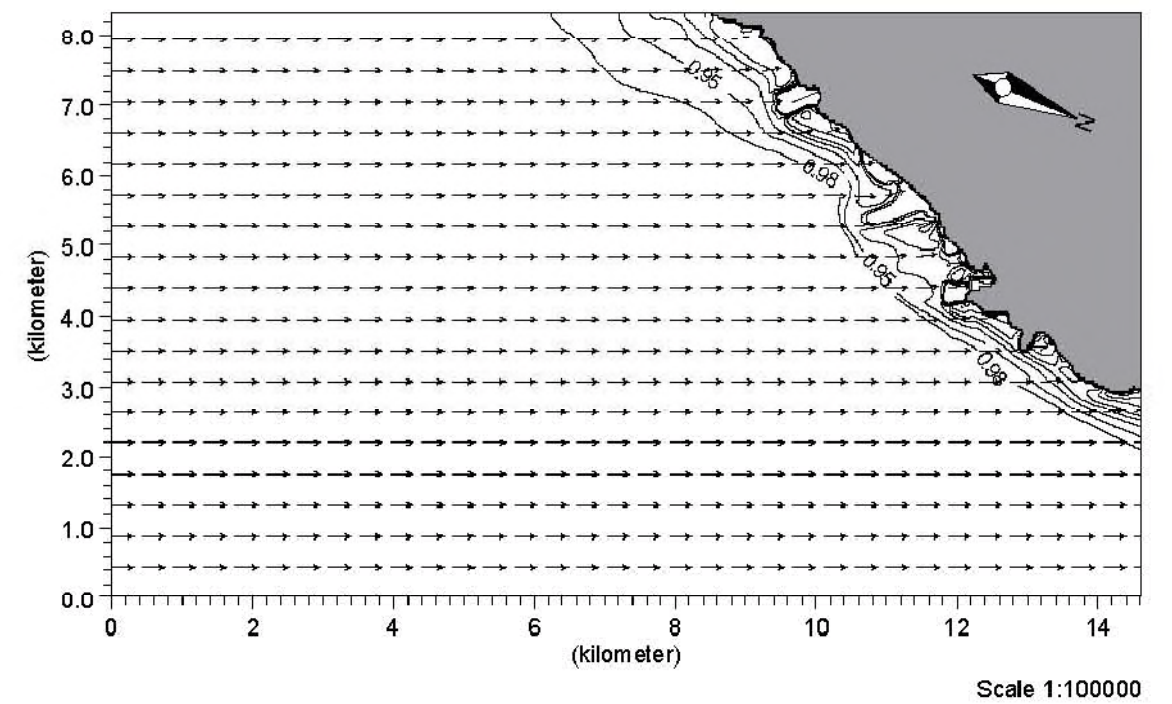
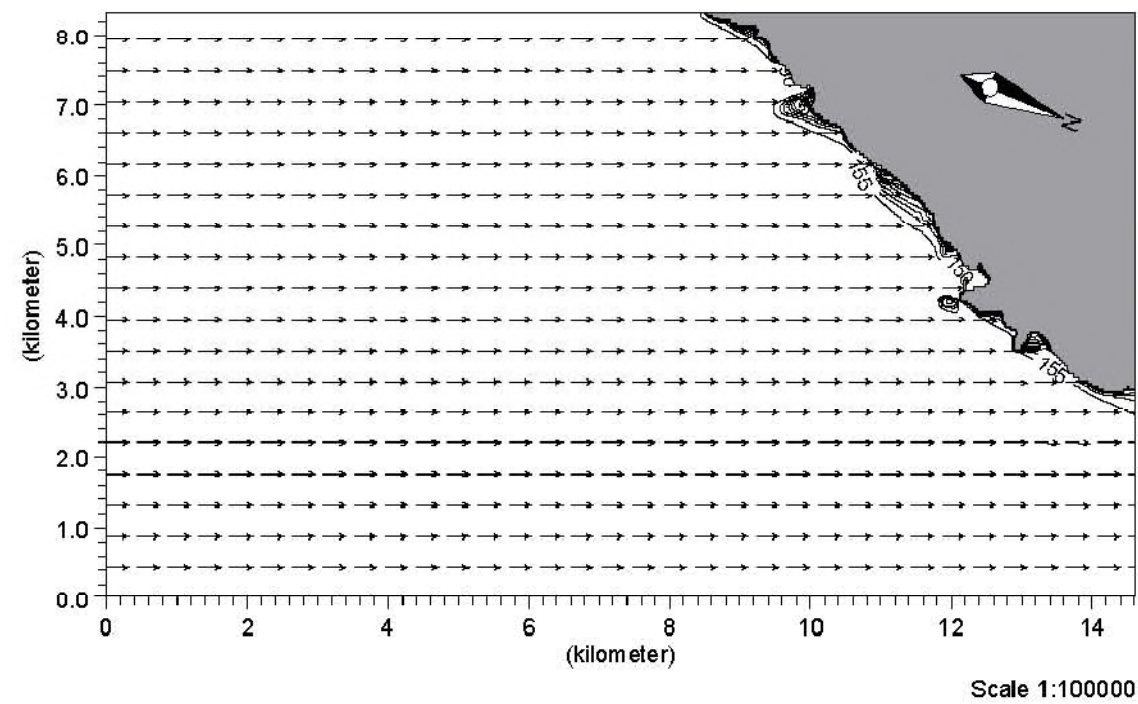
		<div>Client:<div><div>Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA</div></div></div>	MIKEZero
Project: <div>Propagaciones de oleaje exterior</div>			
Módulo <div>M21 NSW</div>	Date: <div>22/11/04</div>	<div>Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE Tp=23s</div>	
	Titul. <div>Dpto. Modelos</div>		<div>Drawing no.</div> <div>Figura 54</div>

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SE Tp=23s	
	Tril: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 55	





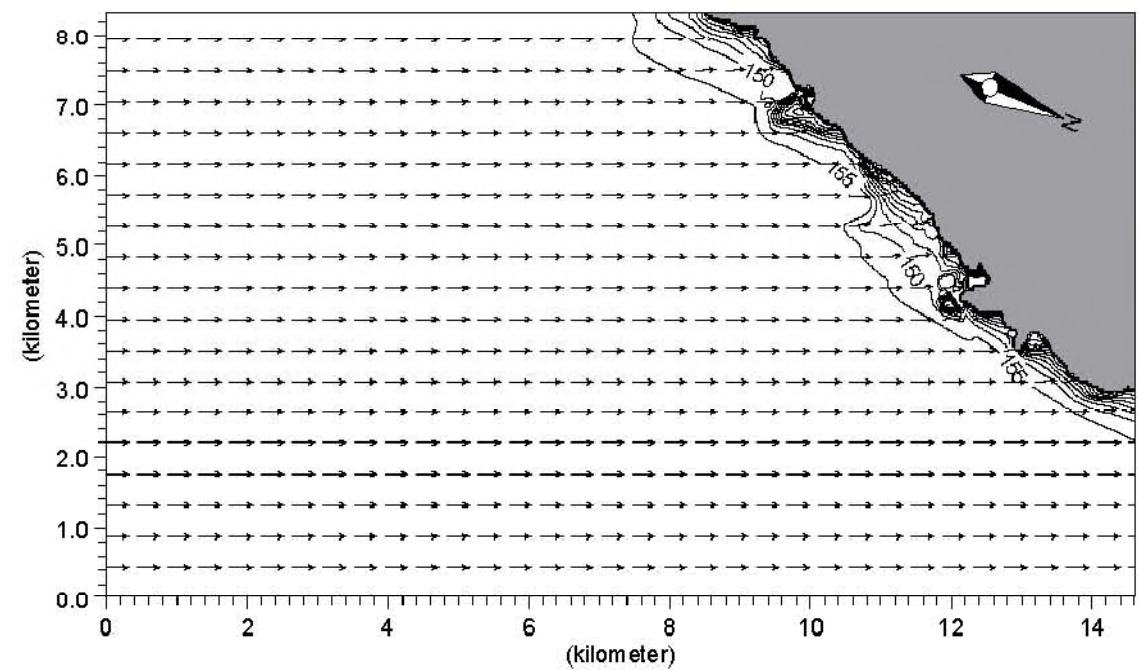
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Batimetría para las propagaciones según dirección SSE	
	Inil: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 56	

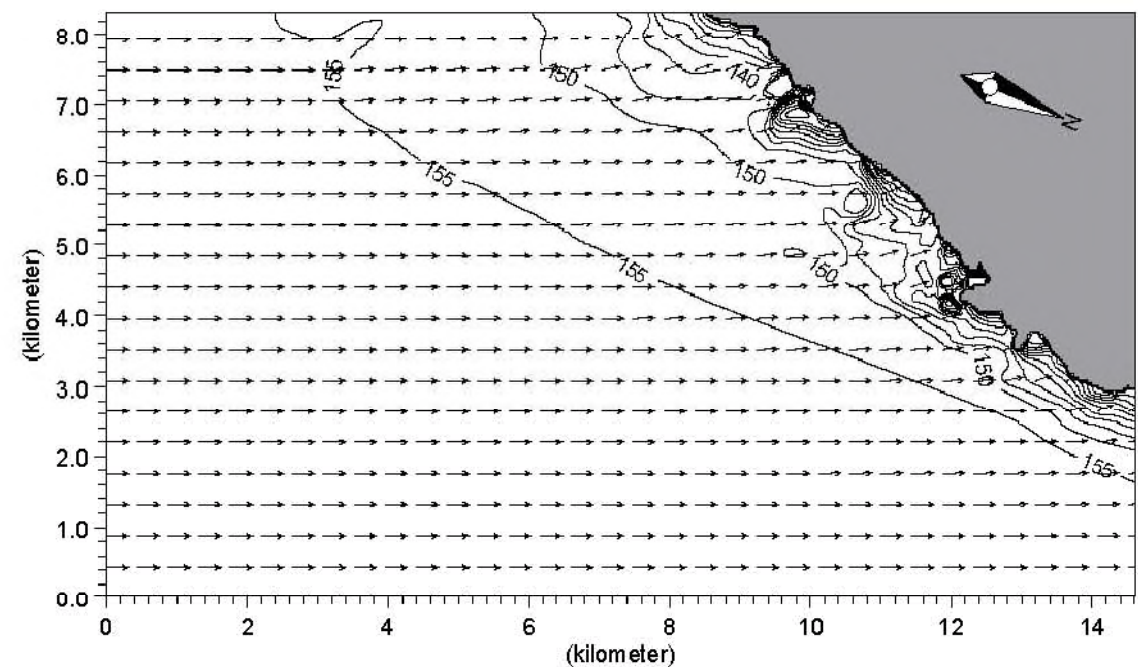
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº. 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE $T_p=4s$	
	Inil: Dpto. Modelos		



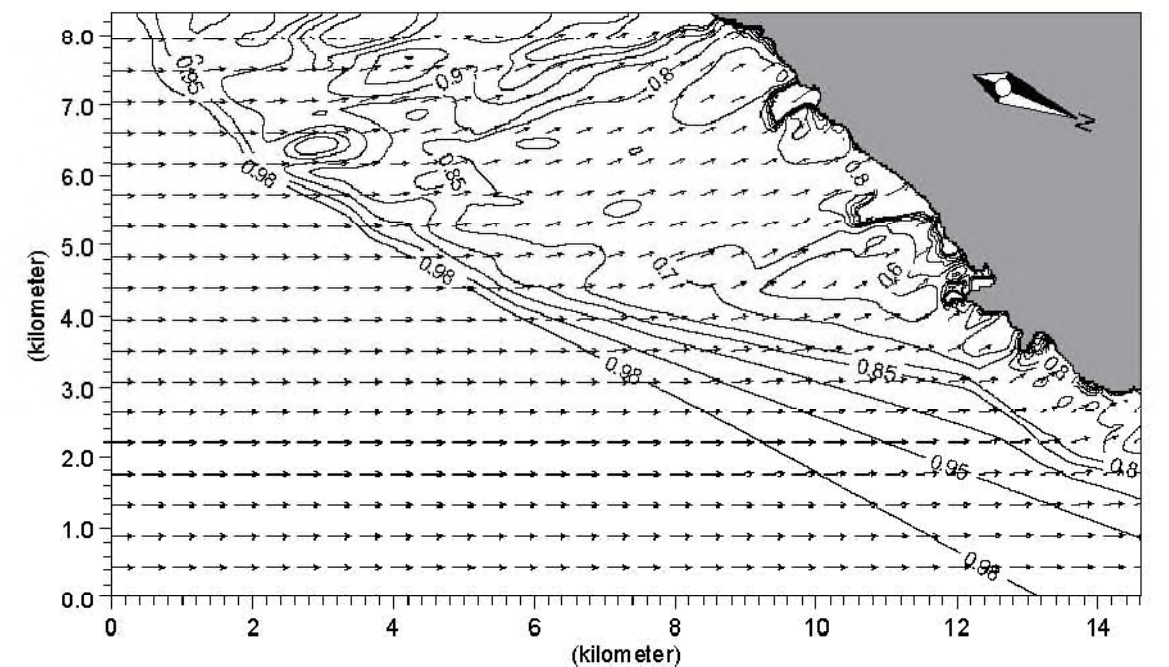
		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE Tp=4s		Drawing no. Figura 58
	Int. Dpto. Modelos			

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE Tp=8s		Drawing no. Figura 59
	Int. Dpto. Modelos			






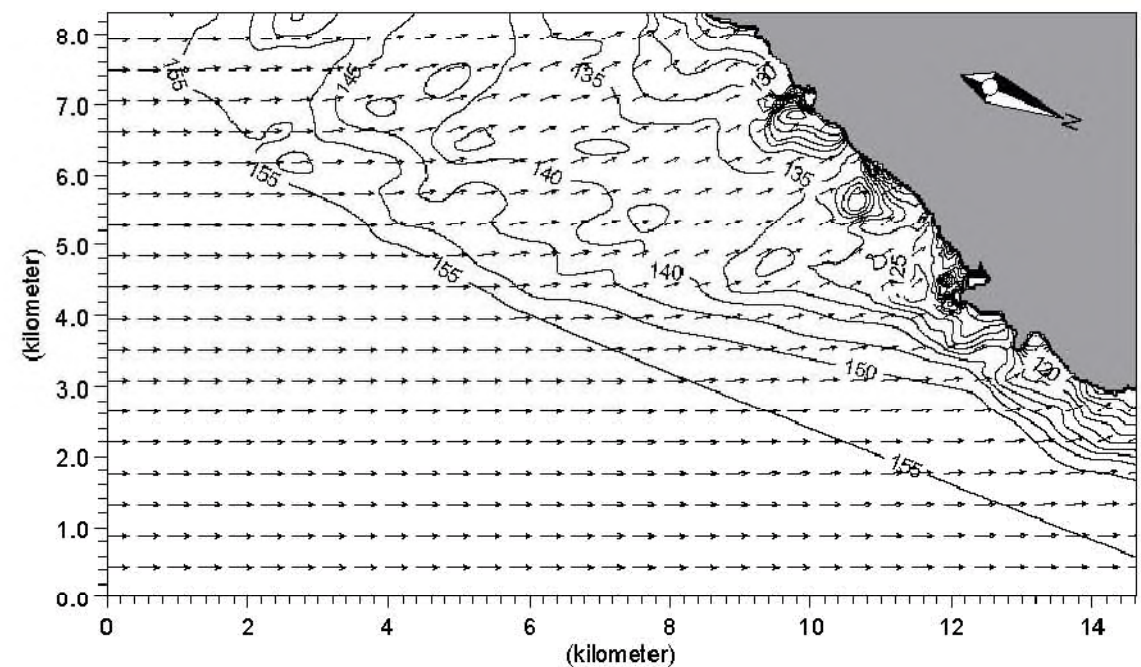
Scale 1:100000



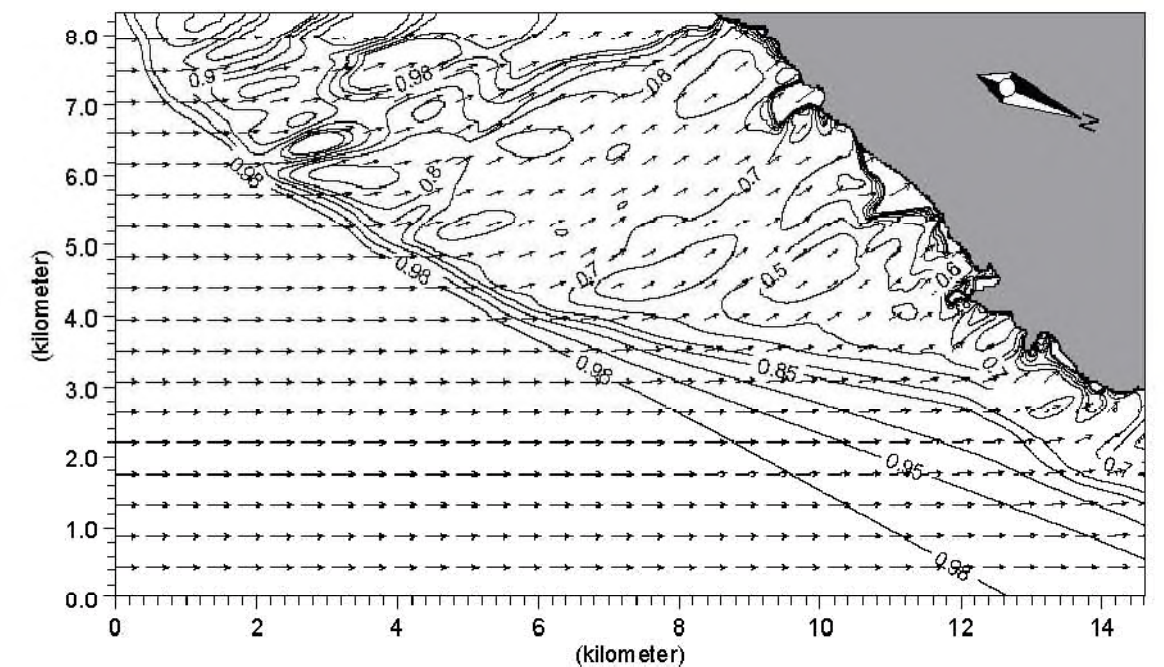
Scale 1:100000

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE $T_p=12s$		Drawing no. Figura 62
	Dpto. Modelos			



		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE $T_p=18s$		Drawing no. Figura 63
	Dpto. Modelos			



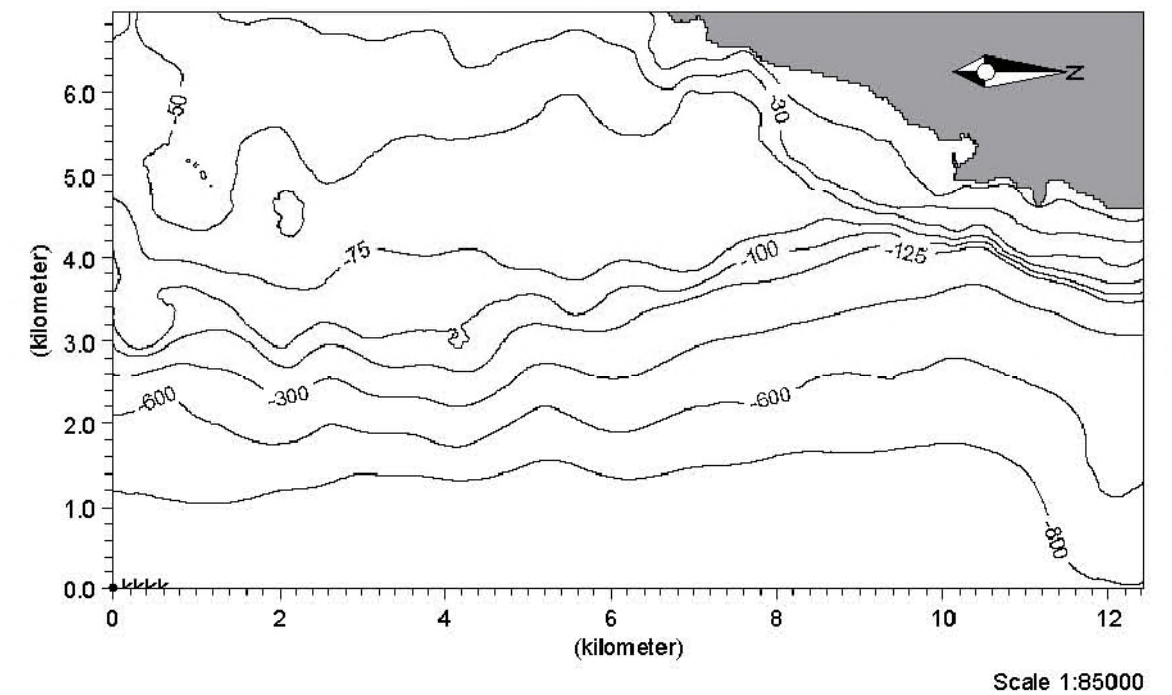
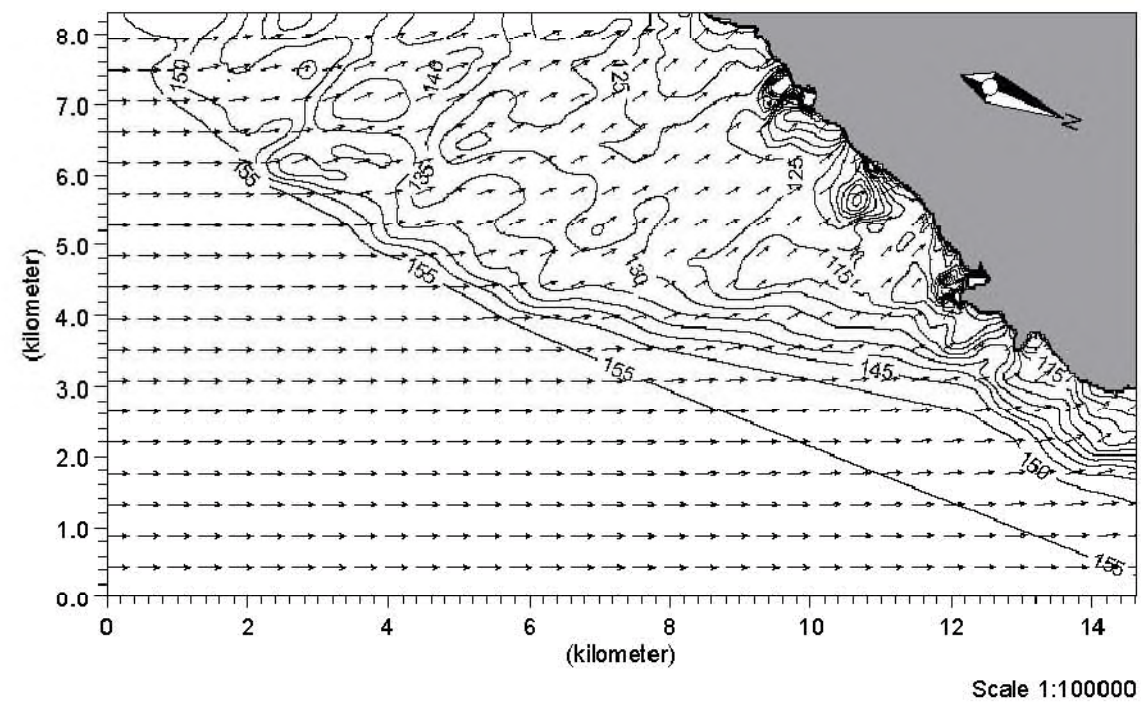
Scale 1:100000





Scale 1:100000

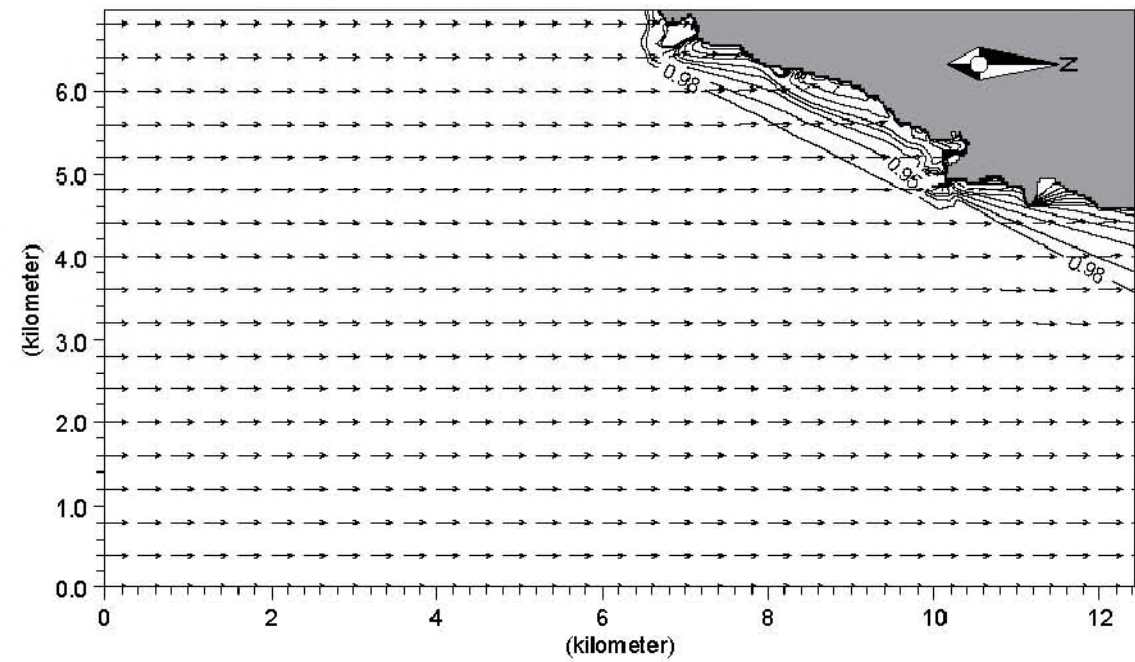
		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 8.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA		
Project:		Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE $T_p=18s$		
	Inst: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 64		

 HIDTMA		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 8.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE $T_p=23s$	
	Mail: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 65	

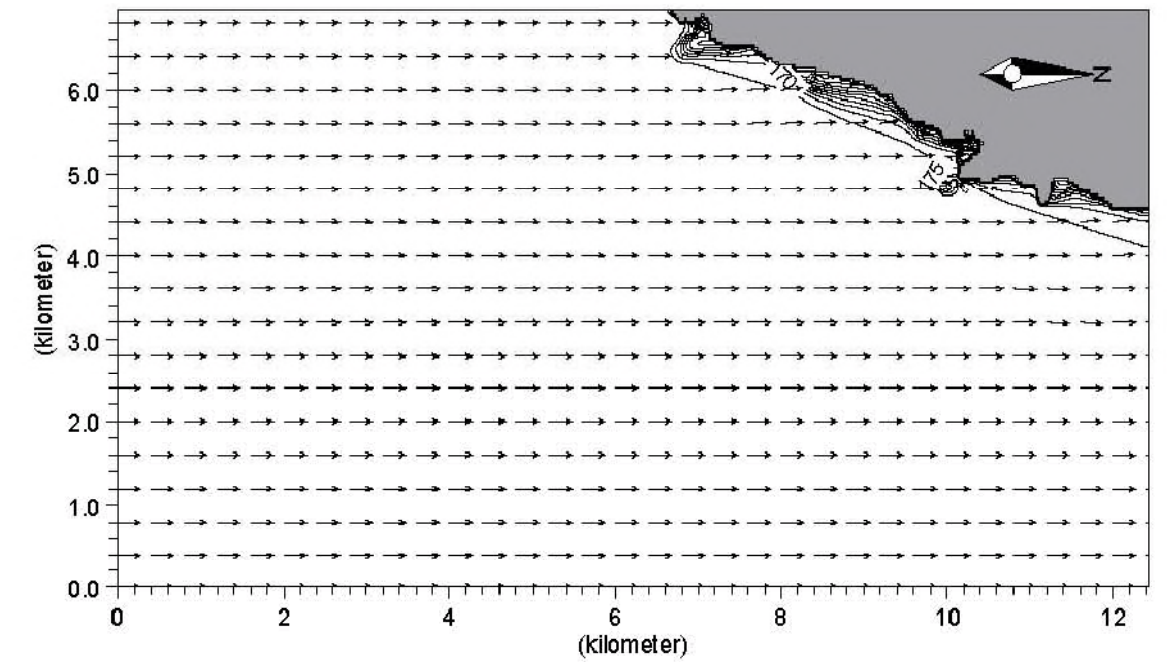


		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE Tp=23s	
	Tril: Dpto. Modelos	Drawing no. Figura 66	



 HIDTMA		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project:		Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Batimetría para las propagaciones según dirección S	
	Intl. Dpto. Modelos		Drawing no. Figura 67





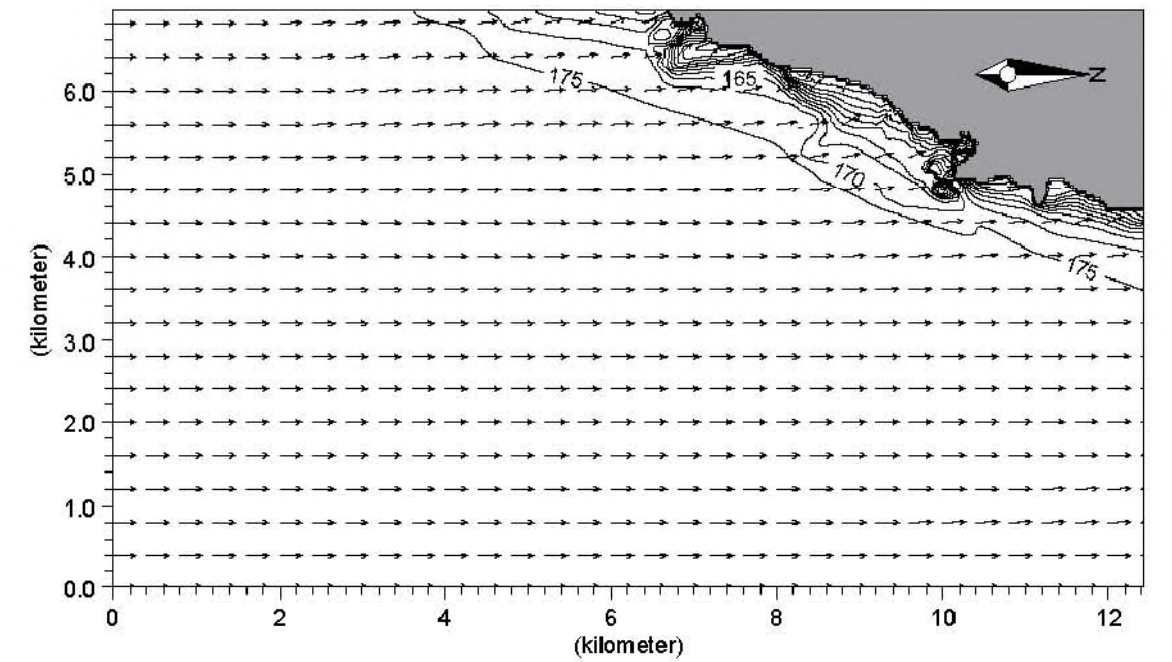
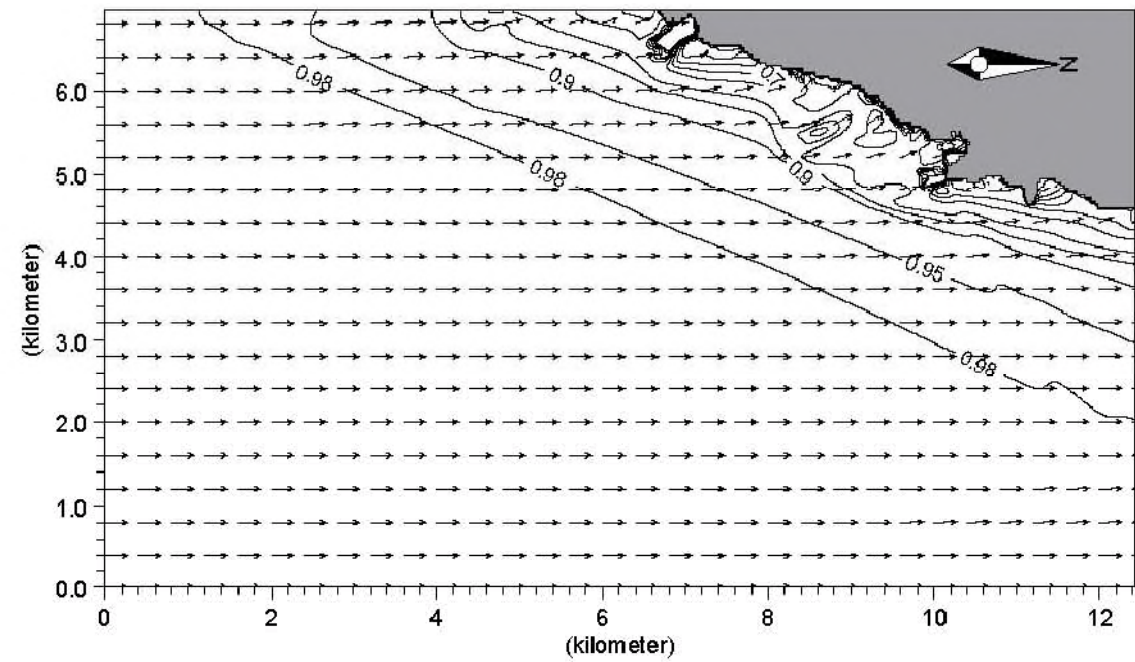
Scale 1:85000






Scale 1:85000

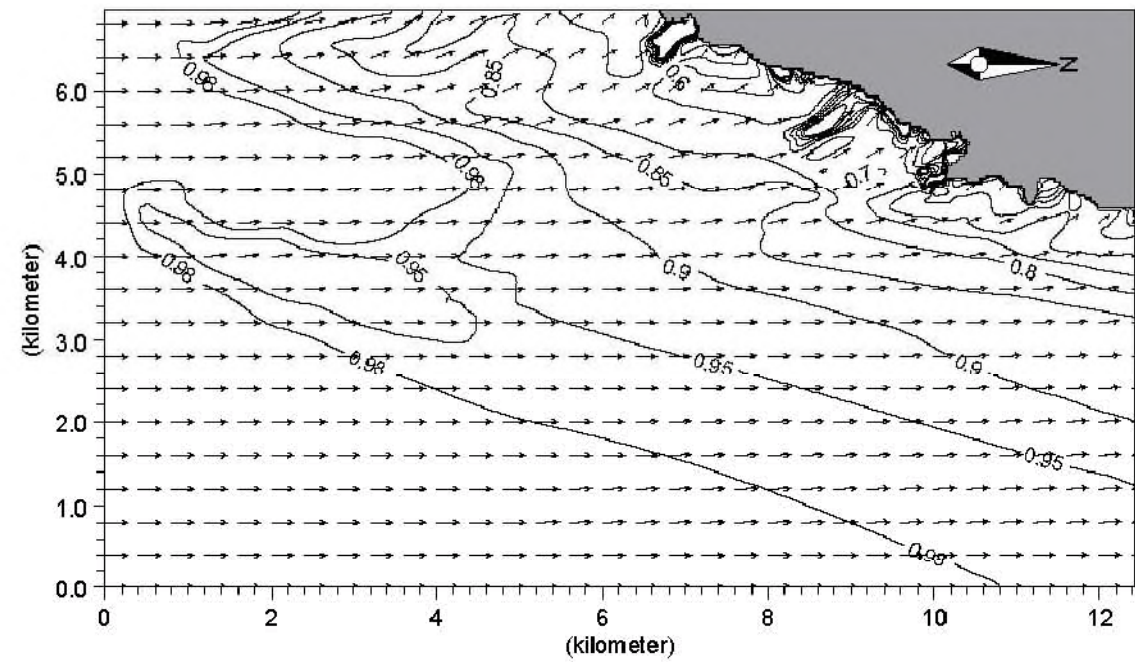
		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S Tp=4s		Drawing no. Figura 68
	IntL Dpto. Modelos			

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección S Tp=4s		Drawing no. Figura 69
	IntL Dpto. Modelos			

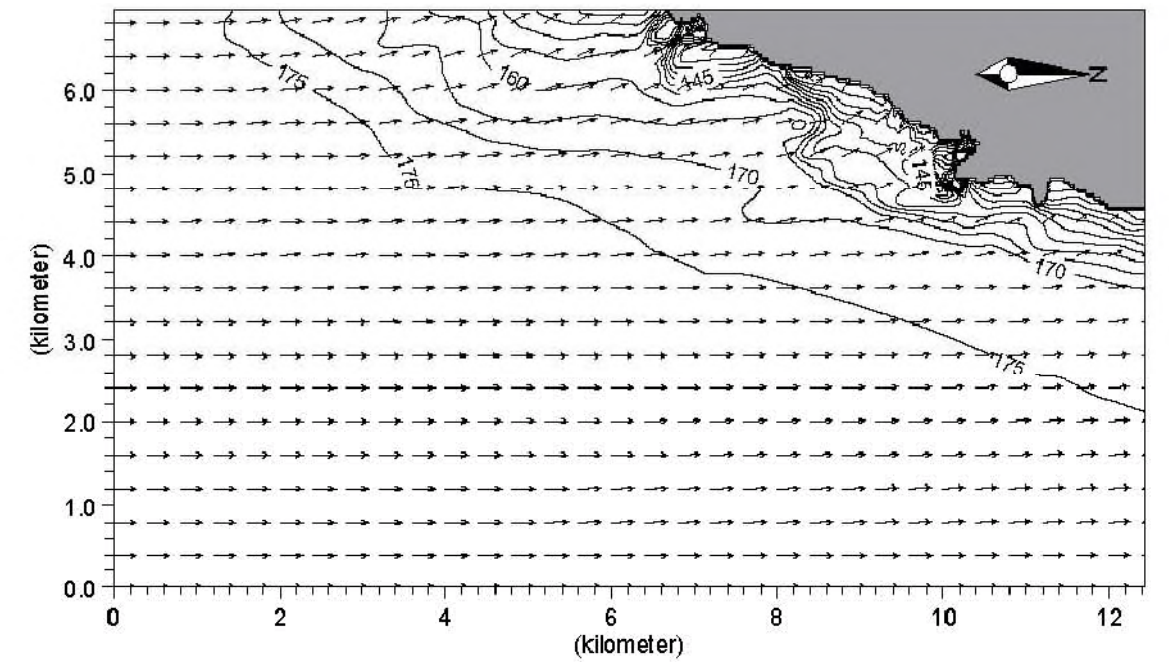


		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.764 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero	
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior		
Módulo	Date:	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S Tp=8s			Drawing no.
M21 NSW	22/11/04				
	Tril.	Dpto. Modelos			Figura 70



		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Colegiado nº 5.764 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección S Tp=8s		Drawing no.
M21 NSW	22/11/04			
	Tril.	Dpto. Modelos		Figura 71





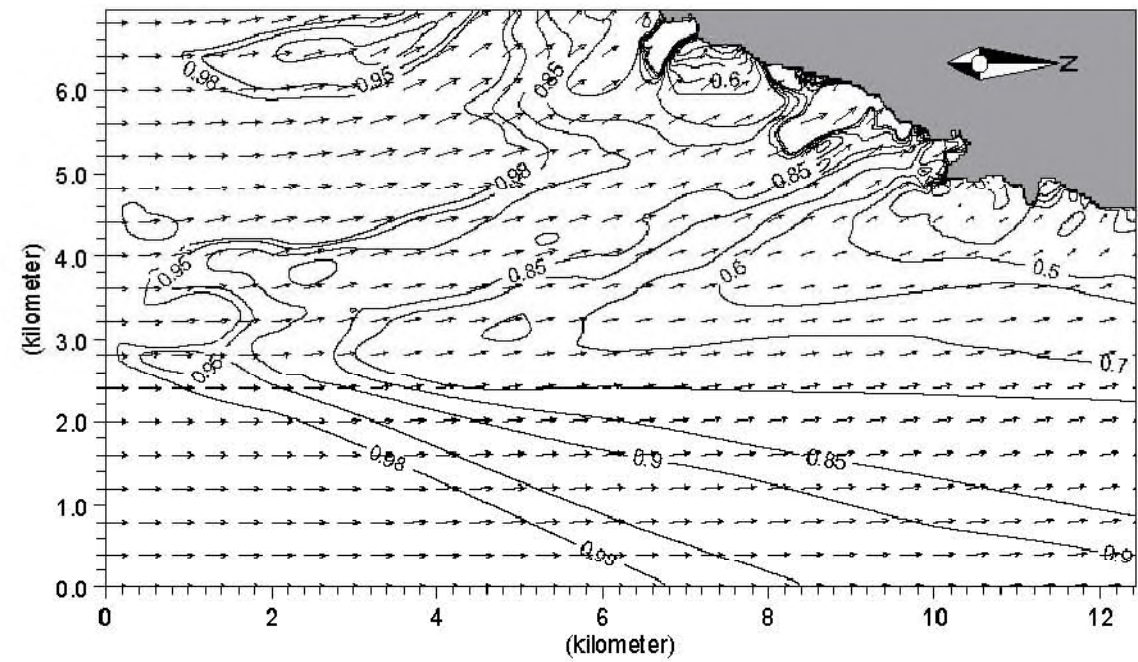
Scale 1:85000



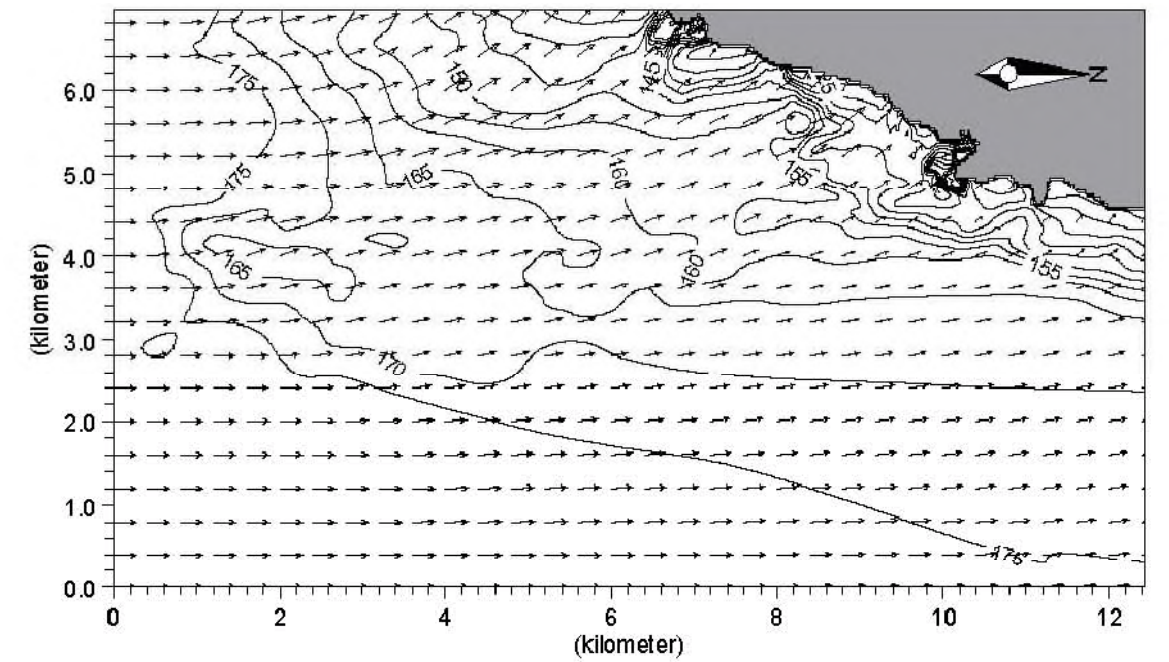
Scale 1:85000

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA			
		Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S $T_p=12s$			Drawing no. Figura 72
	Tril: Dpto. Modelos				



		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project: Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección S Tp=12s	
	Tril Dpto. Modelos		
		Drawing no. Figura 73	





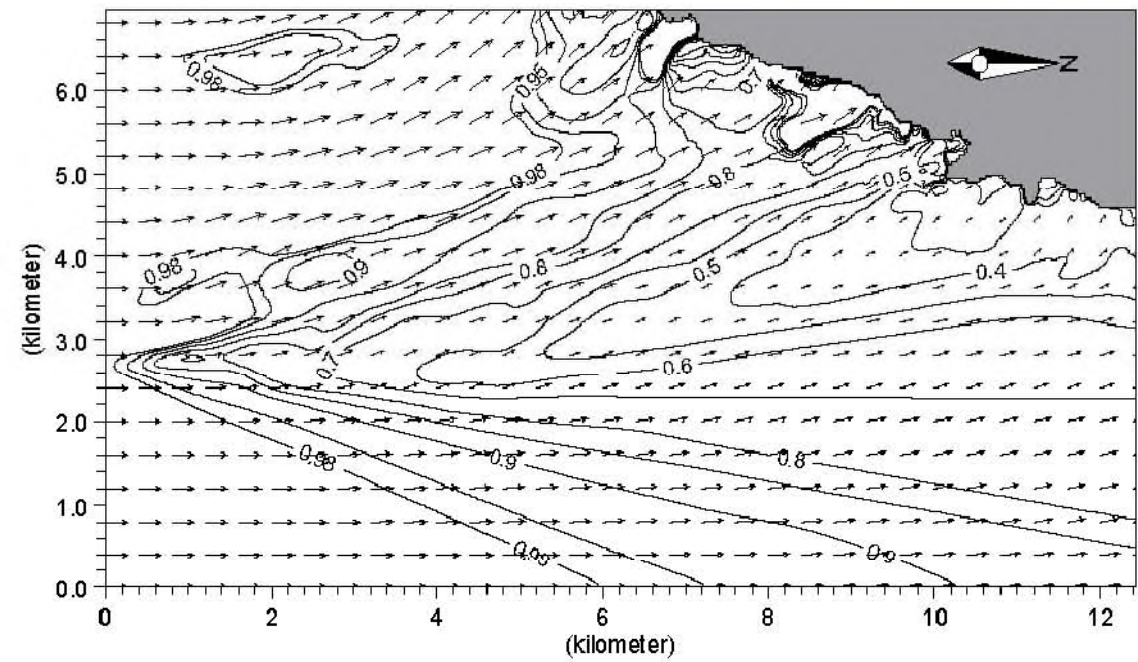
Scale 1:85000



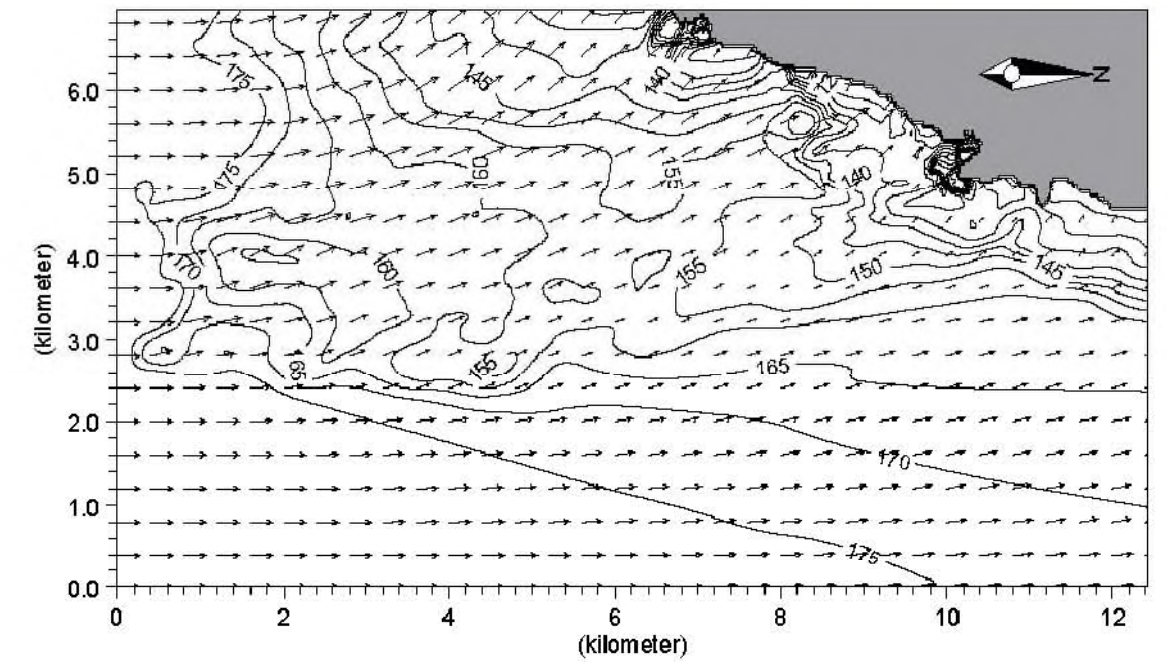
Scale 1:85000

		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 8.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Coefficients of refraction and shoaling and vectors of propagation for wave direction S $T_p=18s$		Drawing no.
M21 NSW	22/11/04			Figura 74
	Tril:			
	Dpto. Modelos			



		Client:	 Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº 8.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
		Project:	Propagaciones de oleaje exterior	
Módulo	Date:	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección S $T_p=18s$		Drawing no.
M21 NSW	22/11/04			Figura 75
	Tril:			
	Dpto. Modelos			




Scale 1:85000

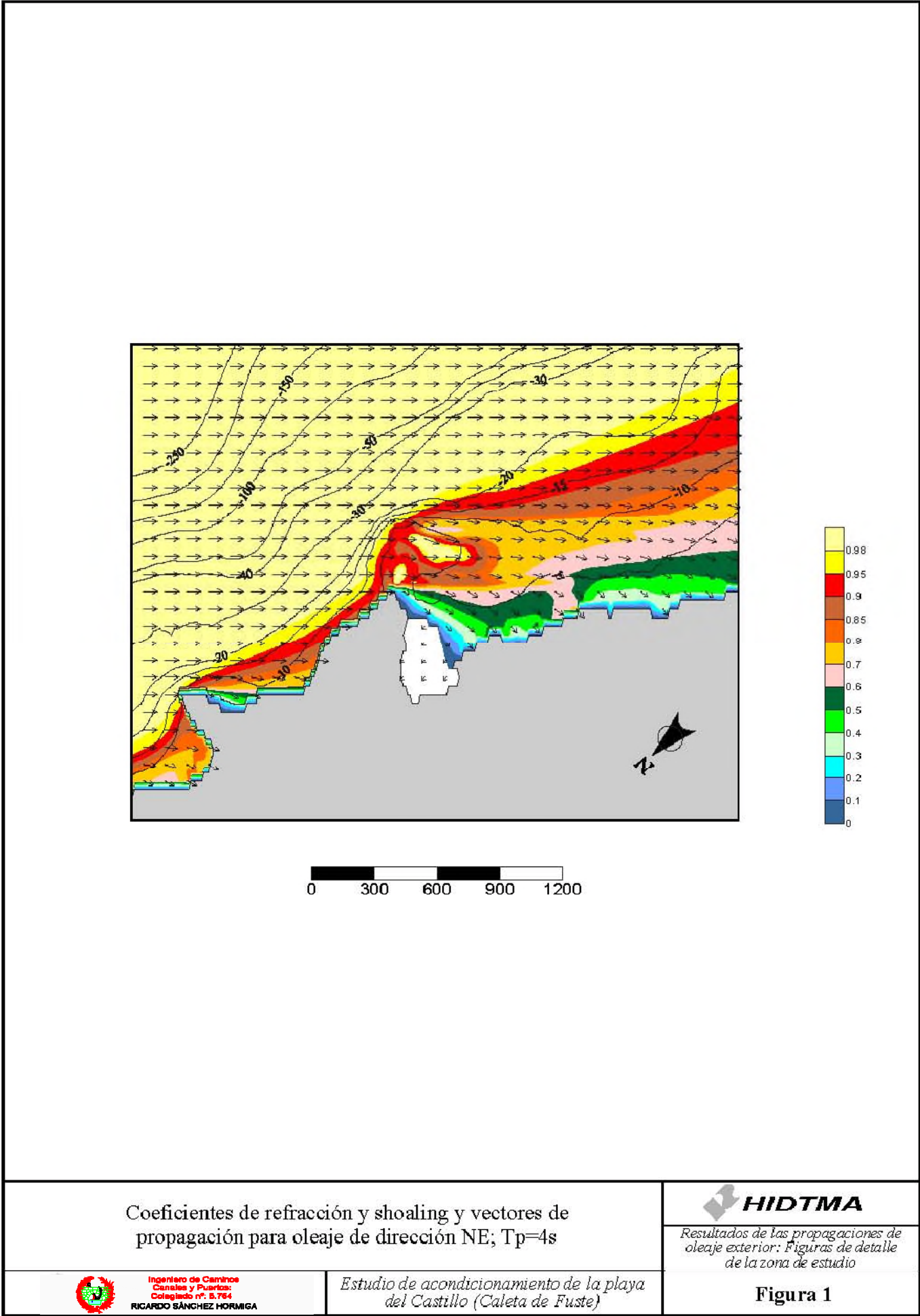


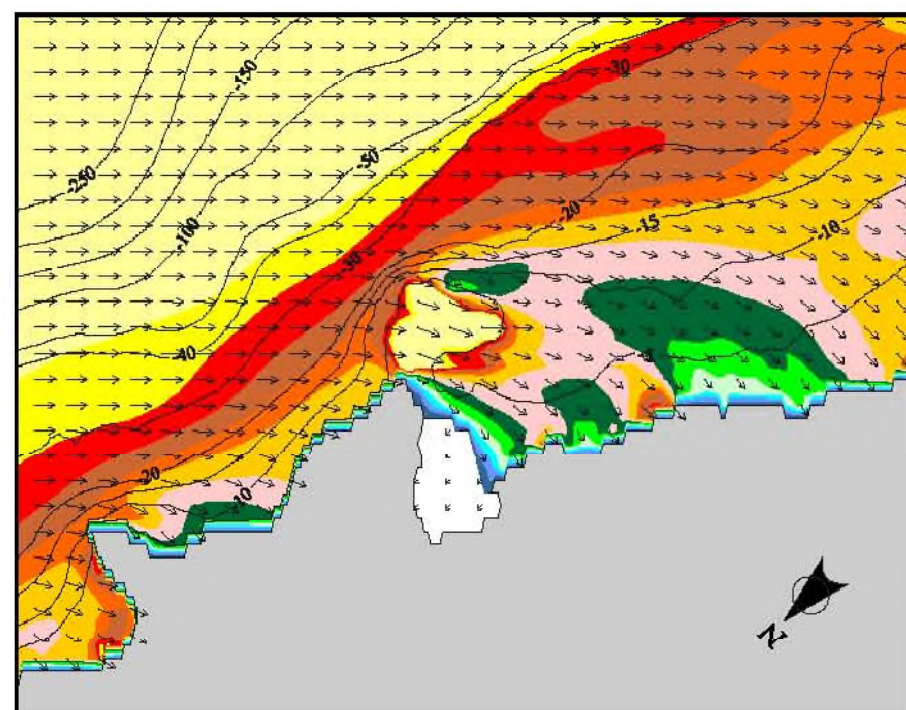
Scale 1:85000

		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S $T_p=23s$	Drawing no. Figura 76
	Tril: Dpto. Modelos		

 HIDTMA		Client:  Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: Colegiado nº: 5.784 RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA	MIKEZero
Project: Propagaciones de oleaje exterior			
Módulo M21 NSW	Date: 22/11/04	Dirección del oleaje y vectores de propagación para oleaje de dirección S $T_p=23s$	Drawing no. Figura 77
	Tril. Dpto. Modelos		

FIGURAS DE DETALLE





0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE; $T_p=8s$

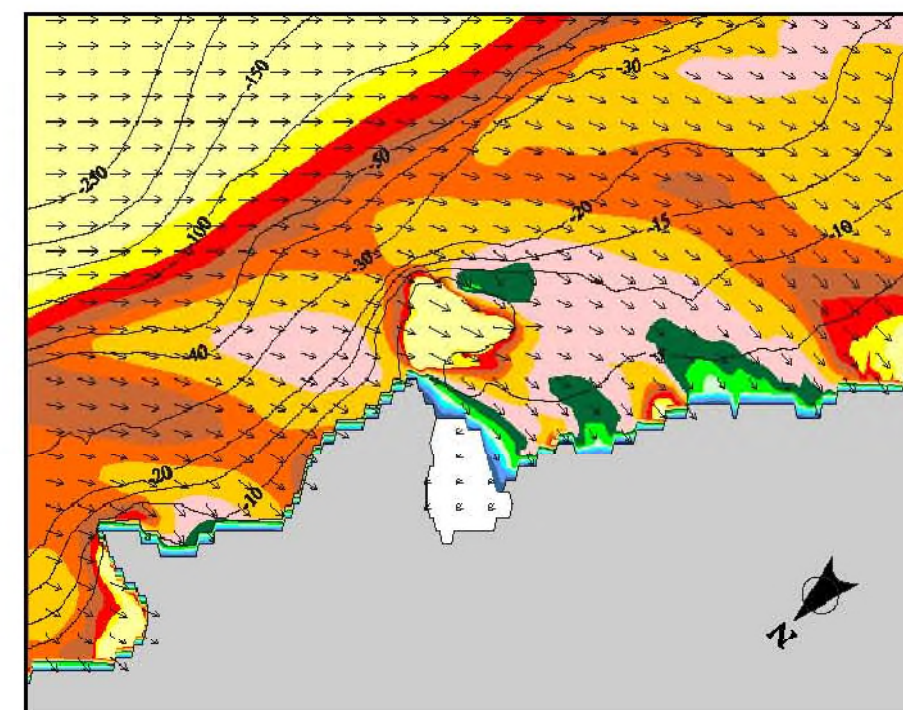


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 2



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE; $T_p=12s$

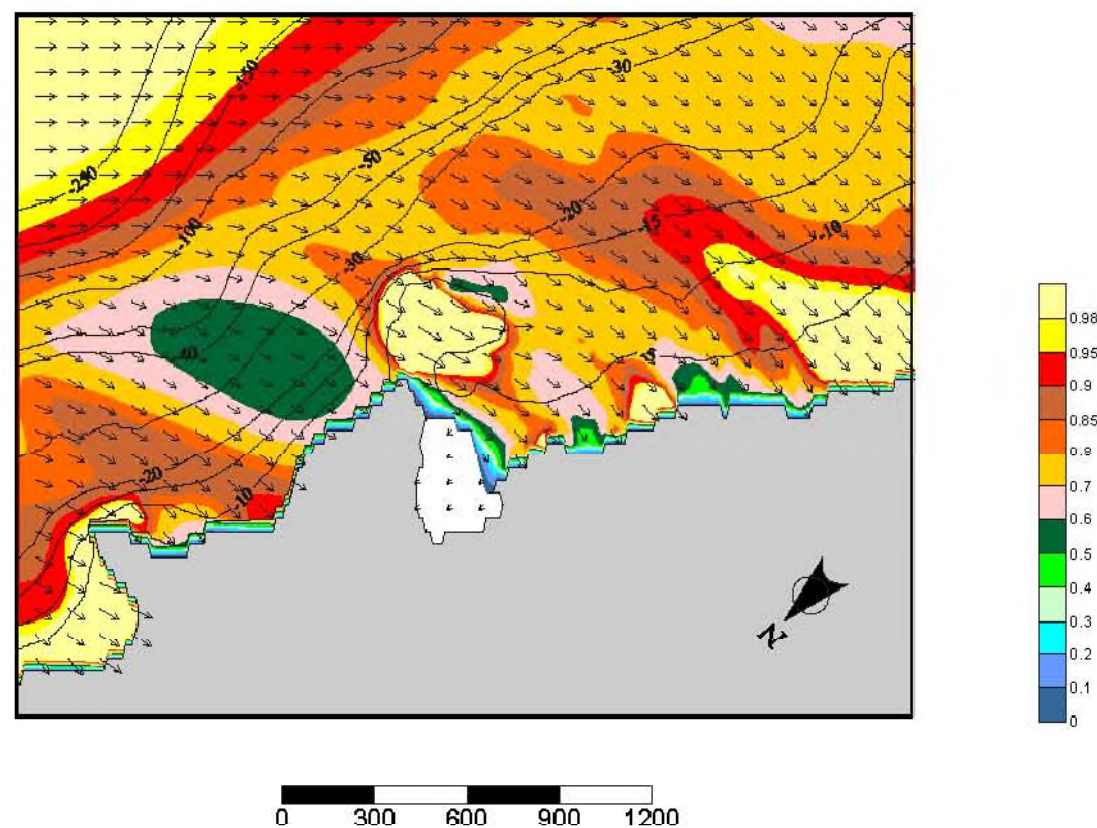


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 3



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE; Tp=18s

 **Ingeniero de Caminos
Cables y Puentes:
Colegiado nº: 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA**

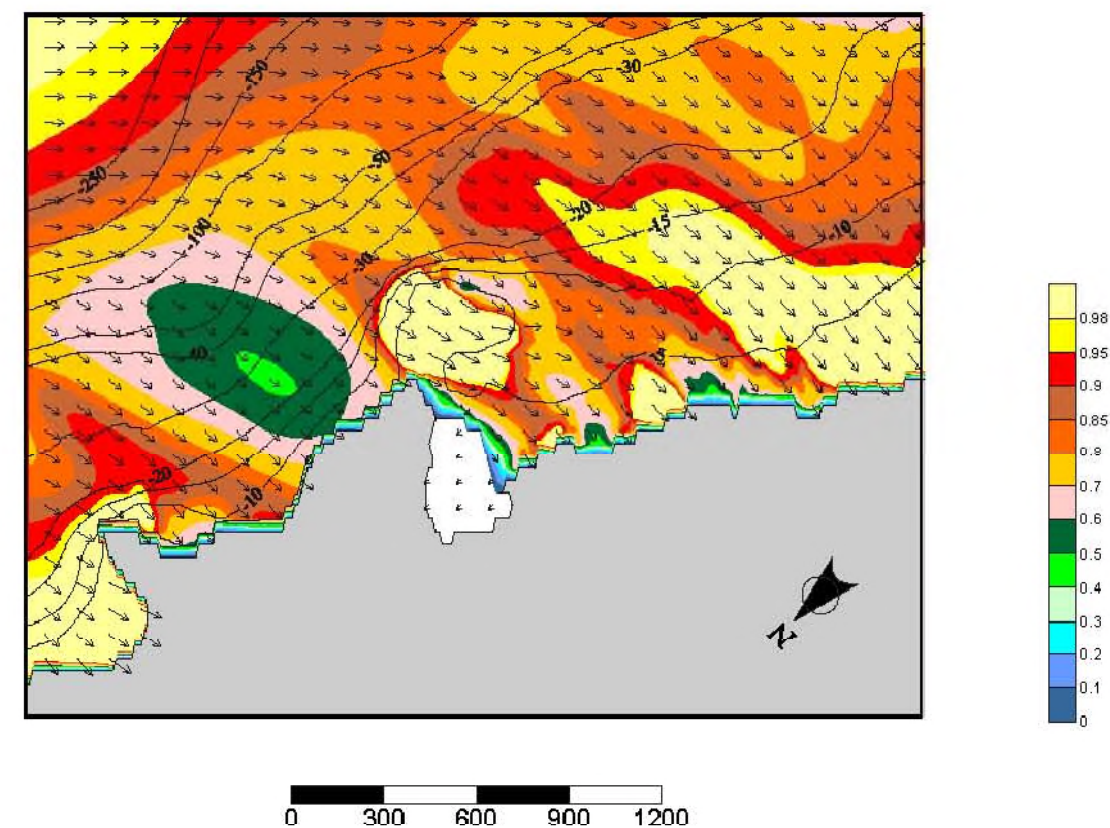
*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*



HIDTMA

Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 4



Coeficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección NE; Tp=23s

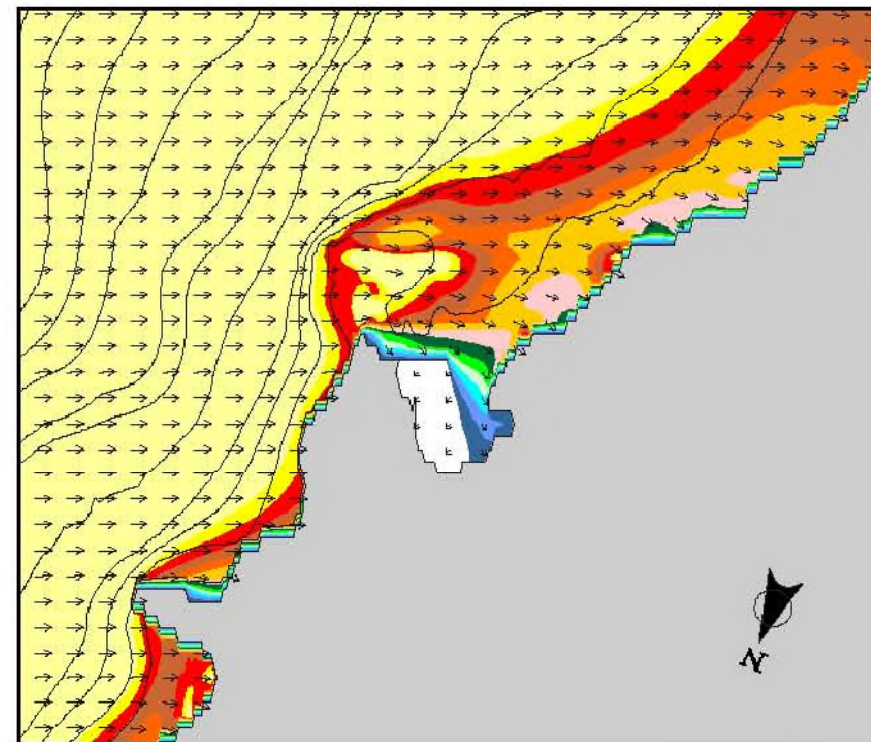
 Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos:
Colegiado nº: 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

*Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)*



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 5



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE; $T_p=4s$

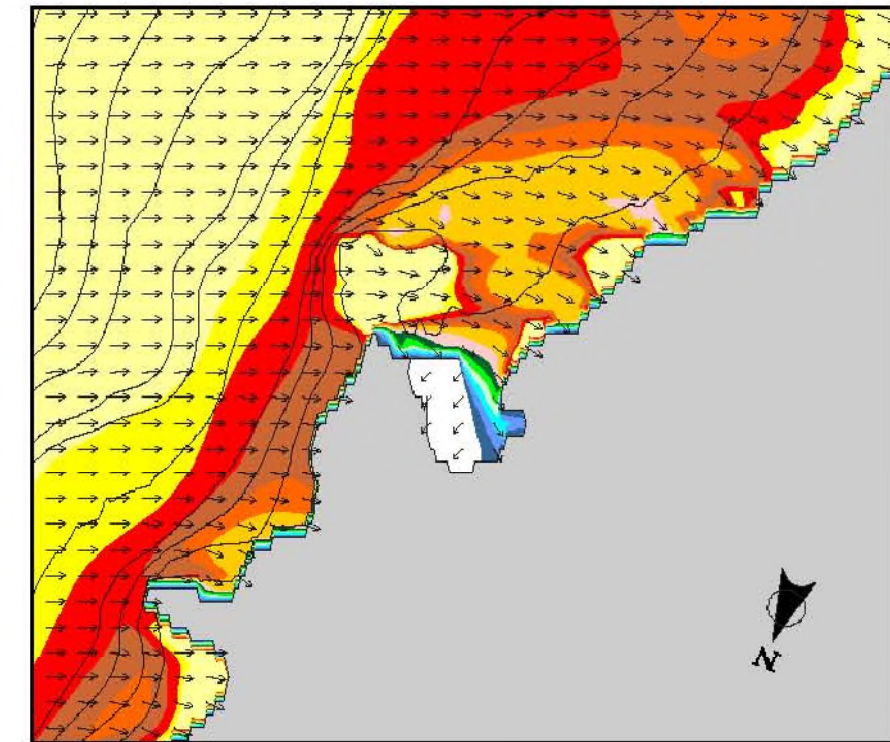


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 6



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE; $T_p=8s$

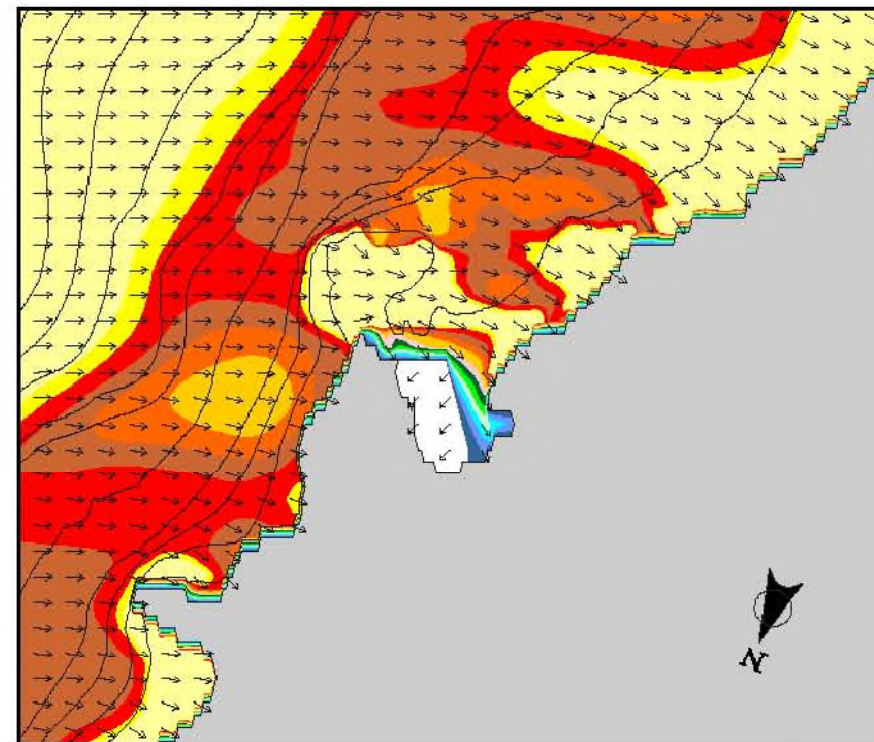


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

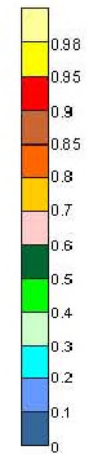


Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 7



0 300 600 900 1200



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE; $T_p=12s$

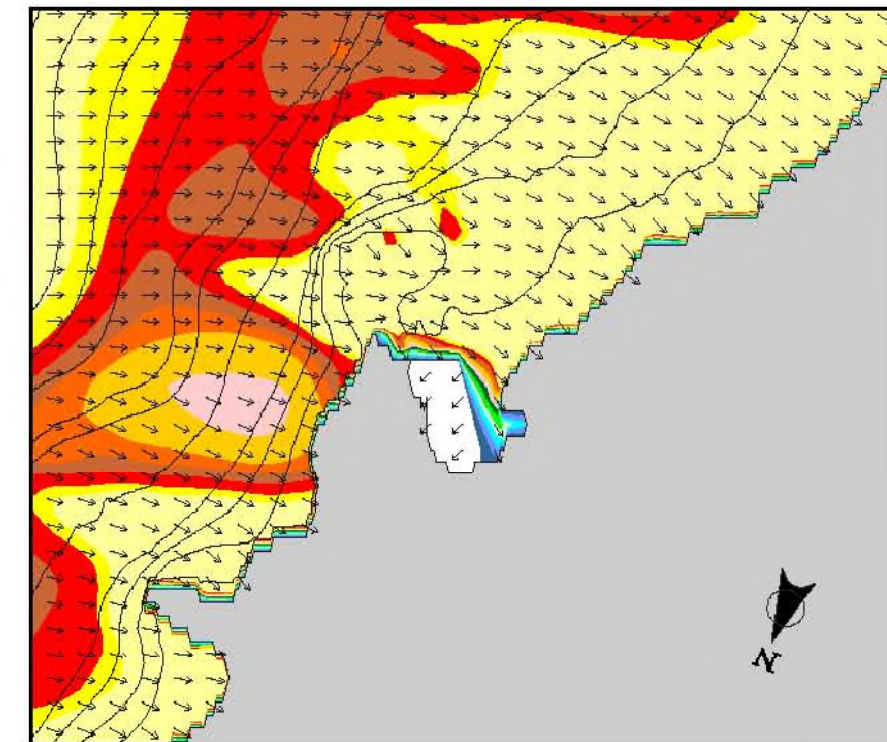


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

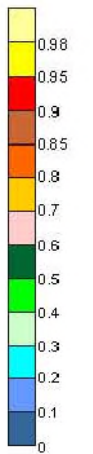


Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 8



0 300 600 900 1200



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE; $T_p=18s$

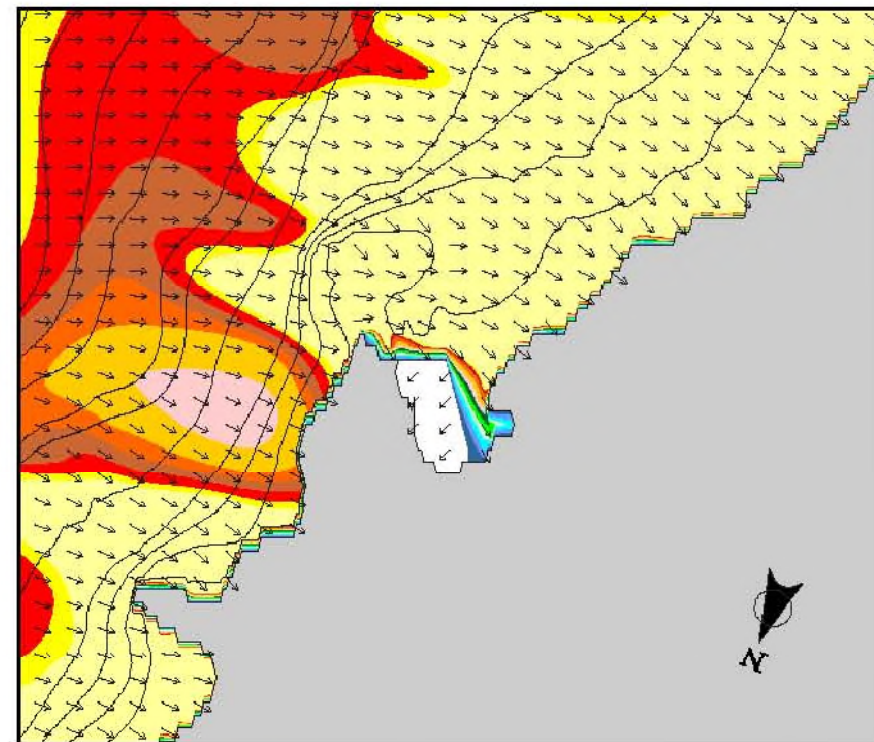


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

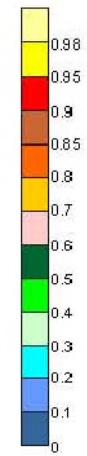


Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 9



0 300 600 900 1200



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ENE; $T_p=23s$

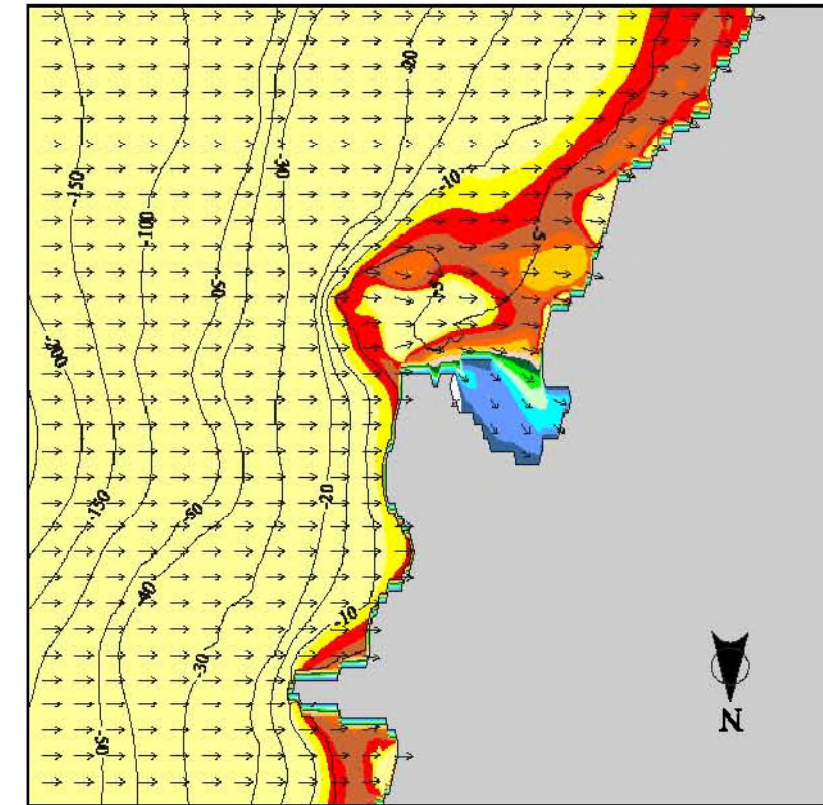


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

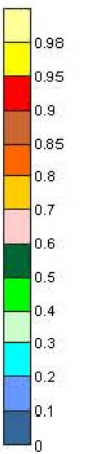


Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 10



0 300 600 900 1200



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E; $T_p=4s$

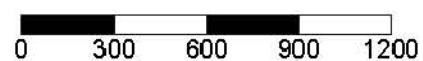


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 11



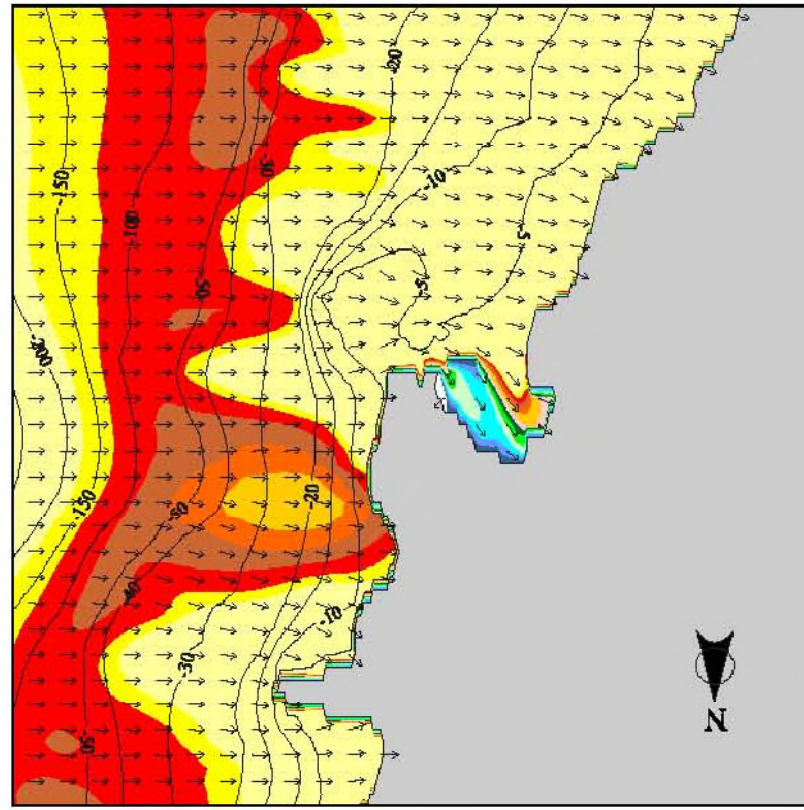
 **Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº: 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA**

Figura 12



 **Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº: 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA**

Figura 13



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E; $T_p=18s$



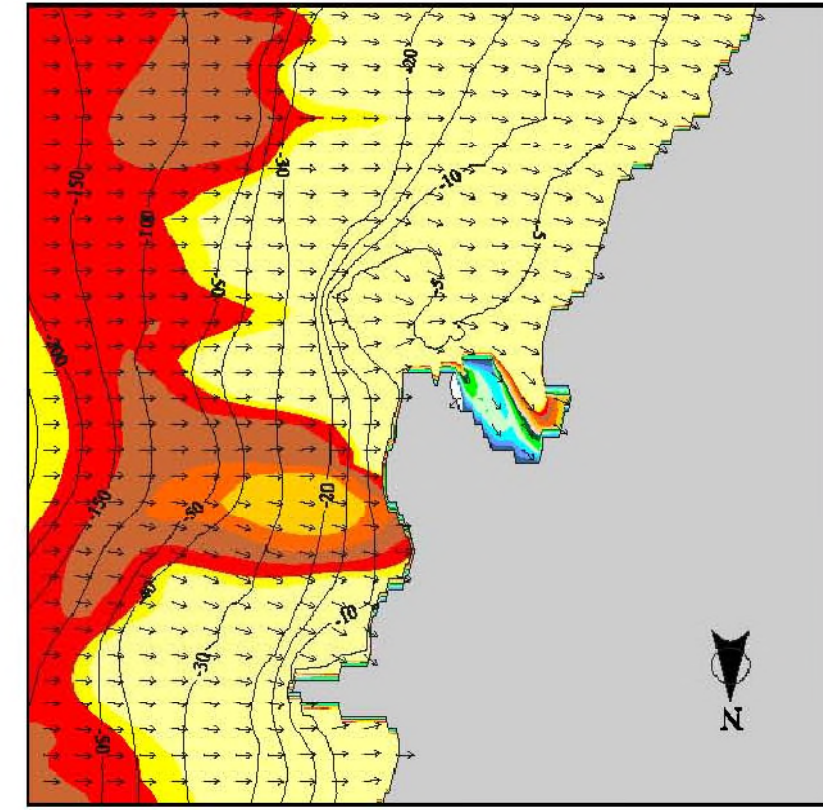
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 14



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección E; $T_p=23s$



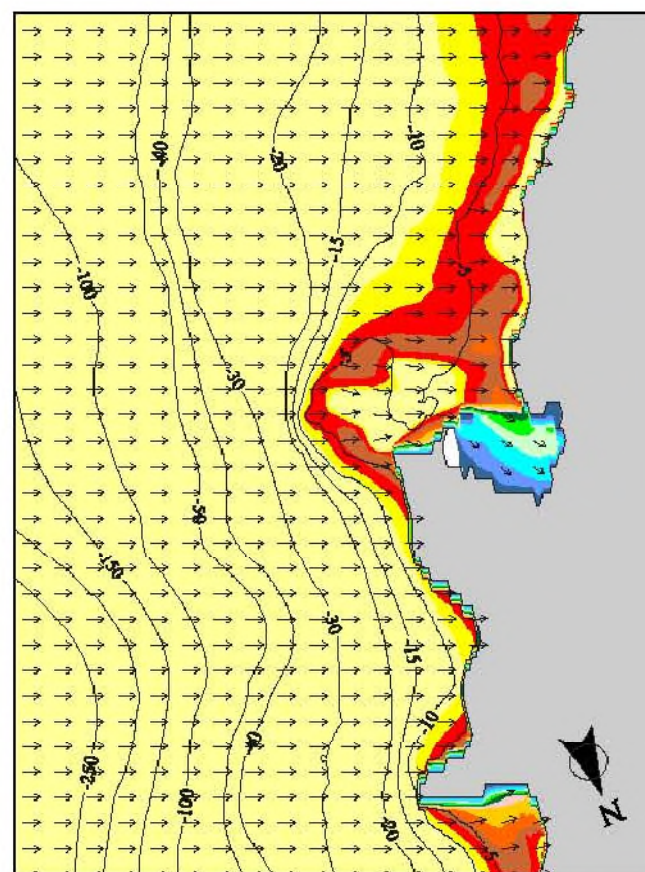
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 15



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE; $T_p=4s$



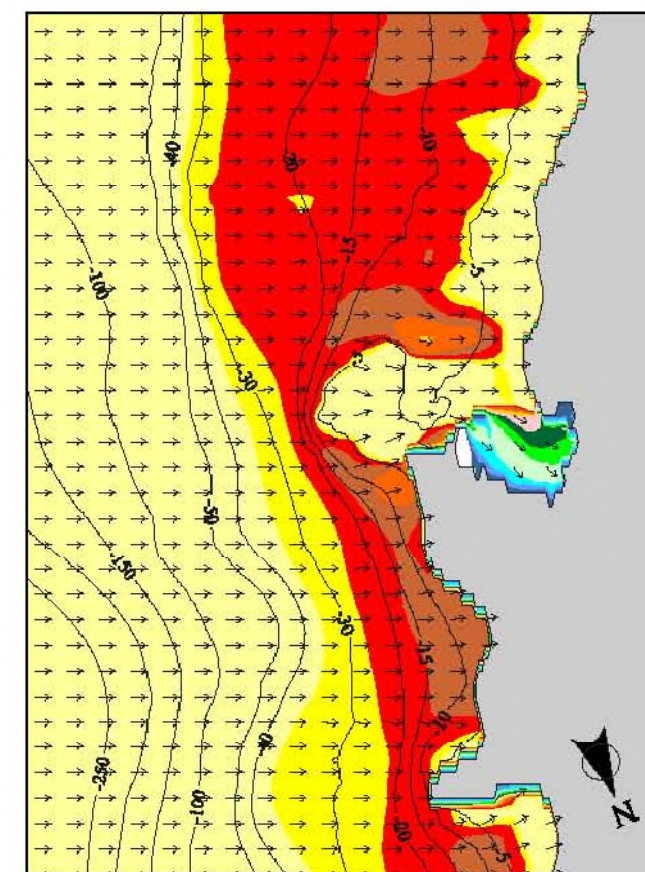
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 16



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE; $T_p=8s$



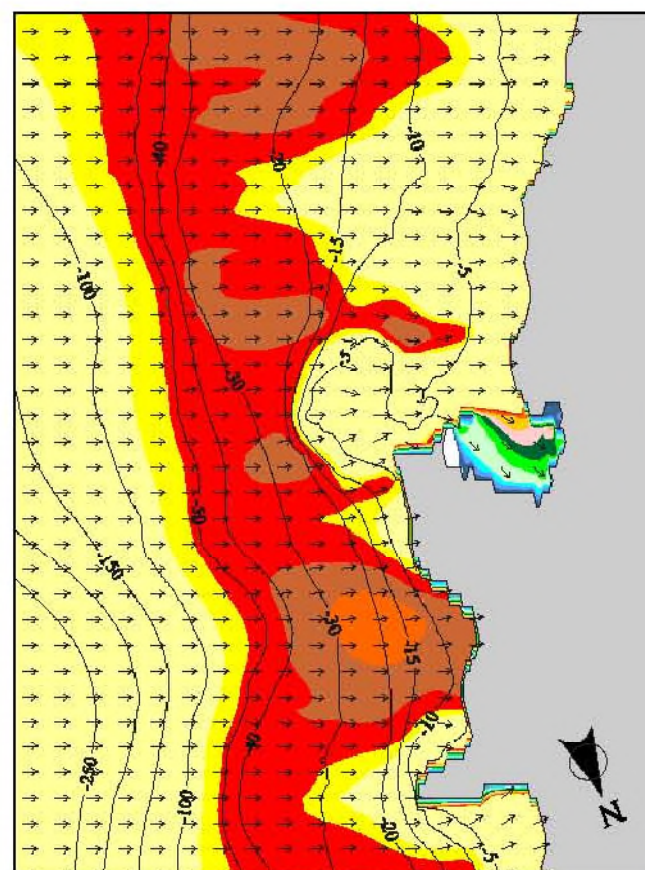
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

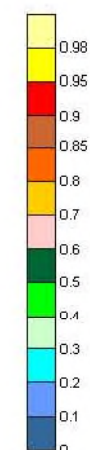


Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 17



0 300 600 900 1200



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE; $T_p=12s$

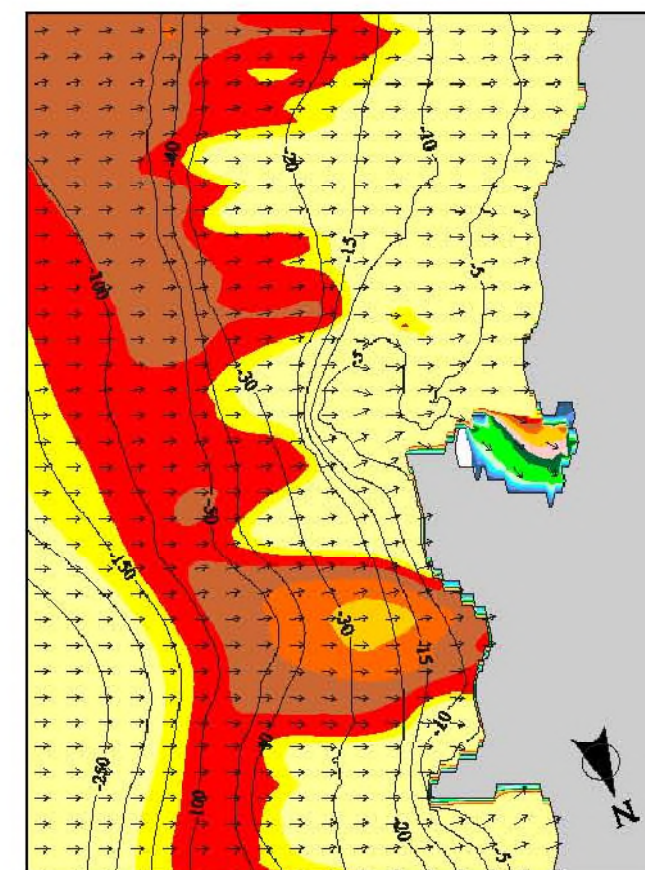


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

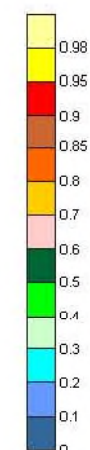


Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 18



0 300 600 900 1200



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE; $T_p=18s$

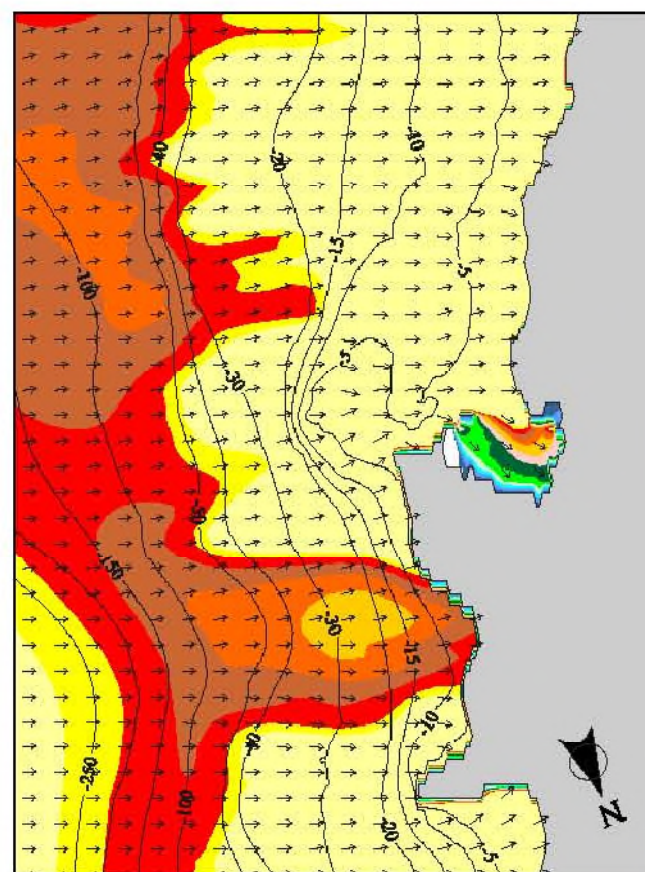


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 19



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección ESE; $T_p=23s$

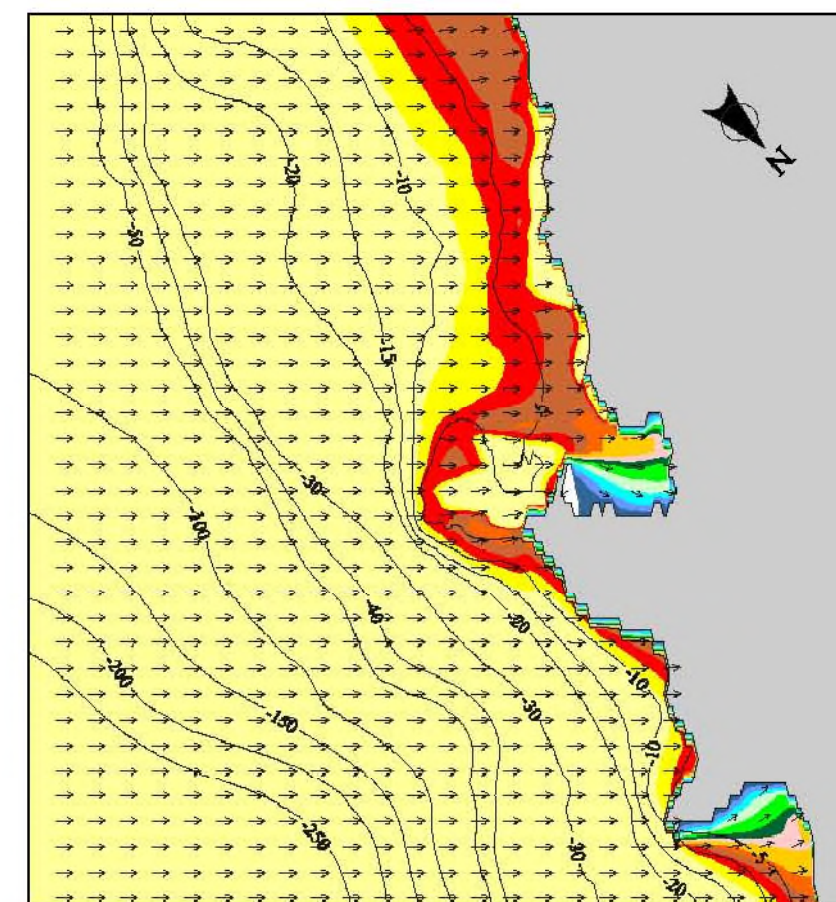


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 20



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE; $T_p=4s$

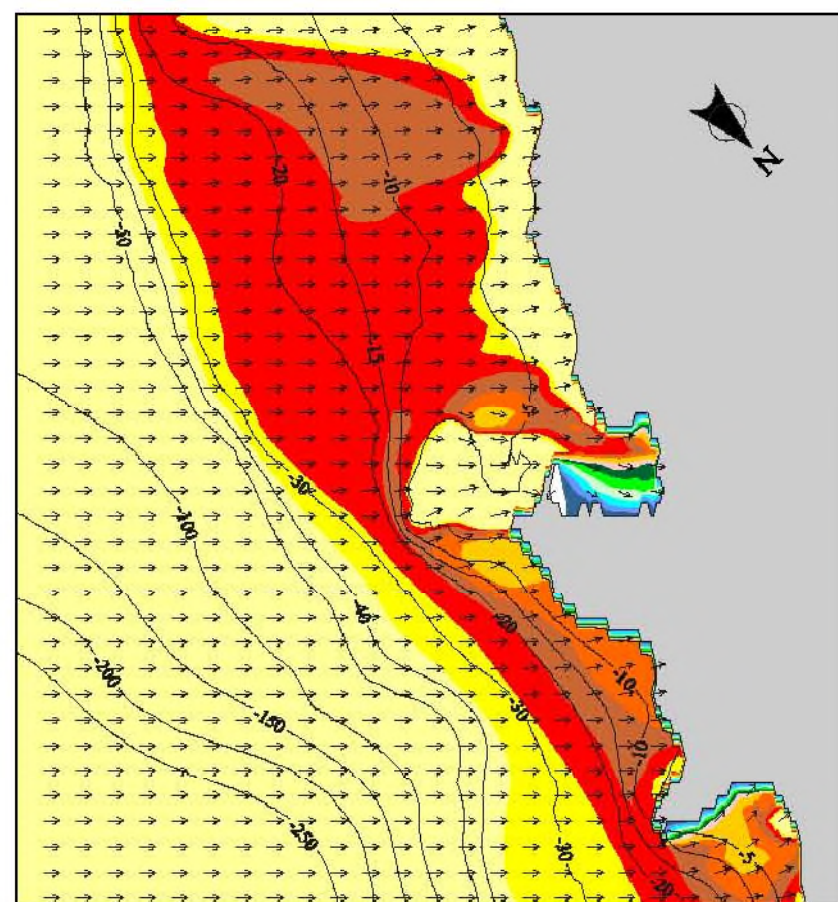


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 21



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE; $T_p=8s$

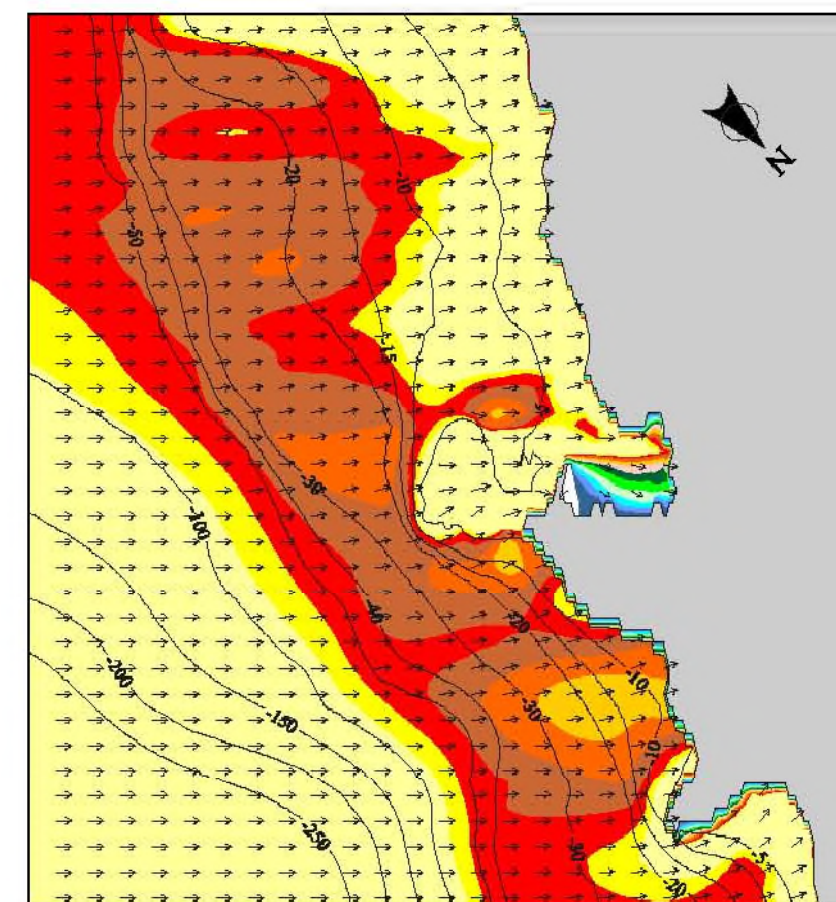
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 22



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE; $T_p=12s$

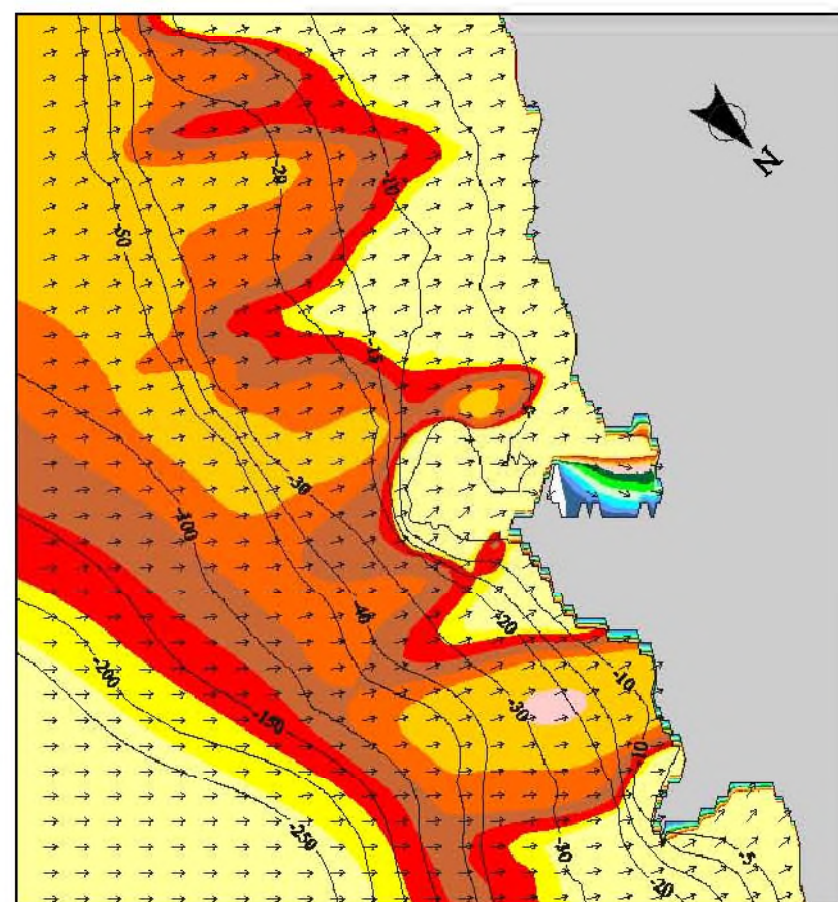
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 23



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE; $T_p=18s$

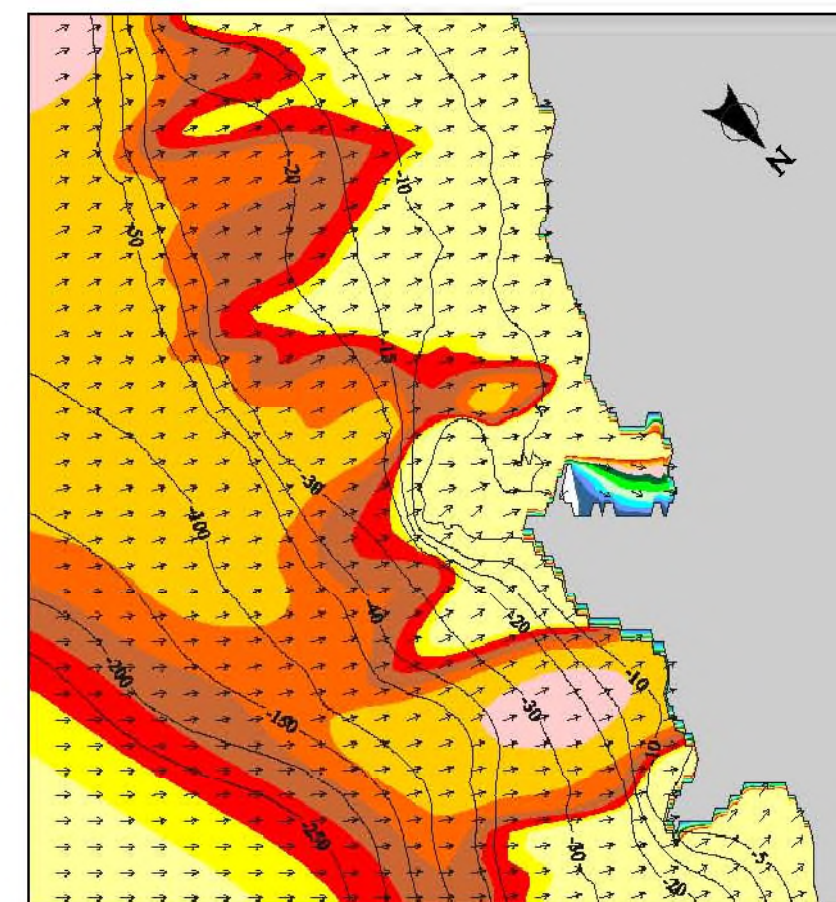


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 24



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SE; $T_p=23s$

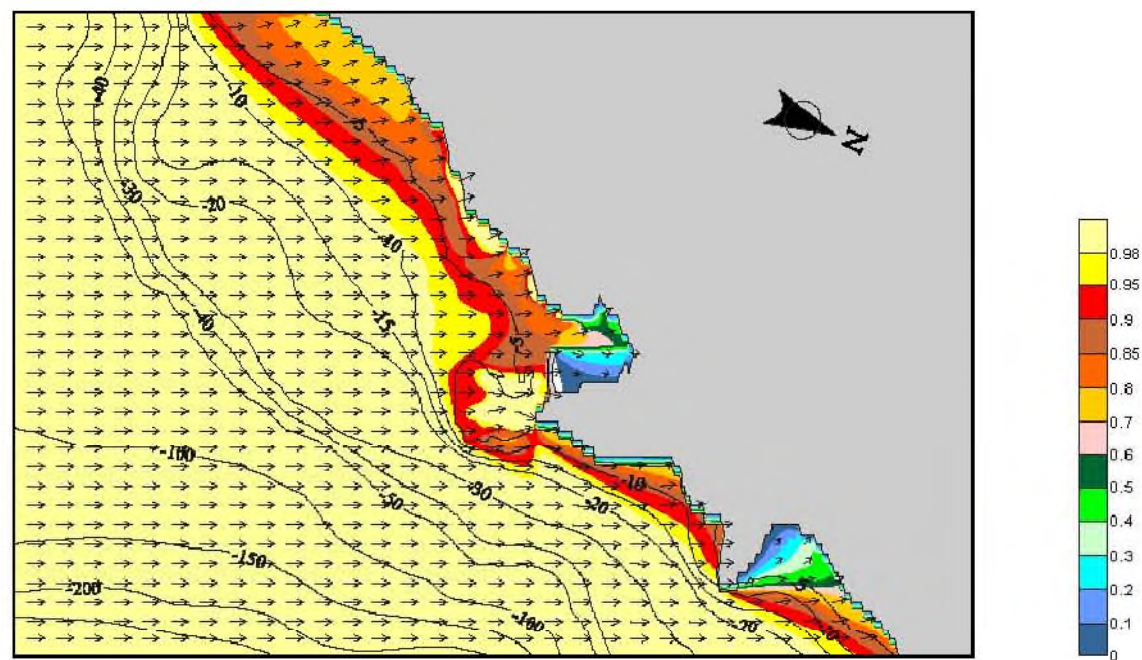


Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de oleaje exterior: Figuras de detalle de la zona de estudio

Figura 25



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE; $T_p=4s$

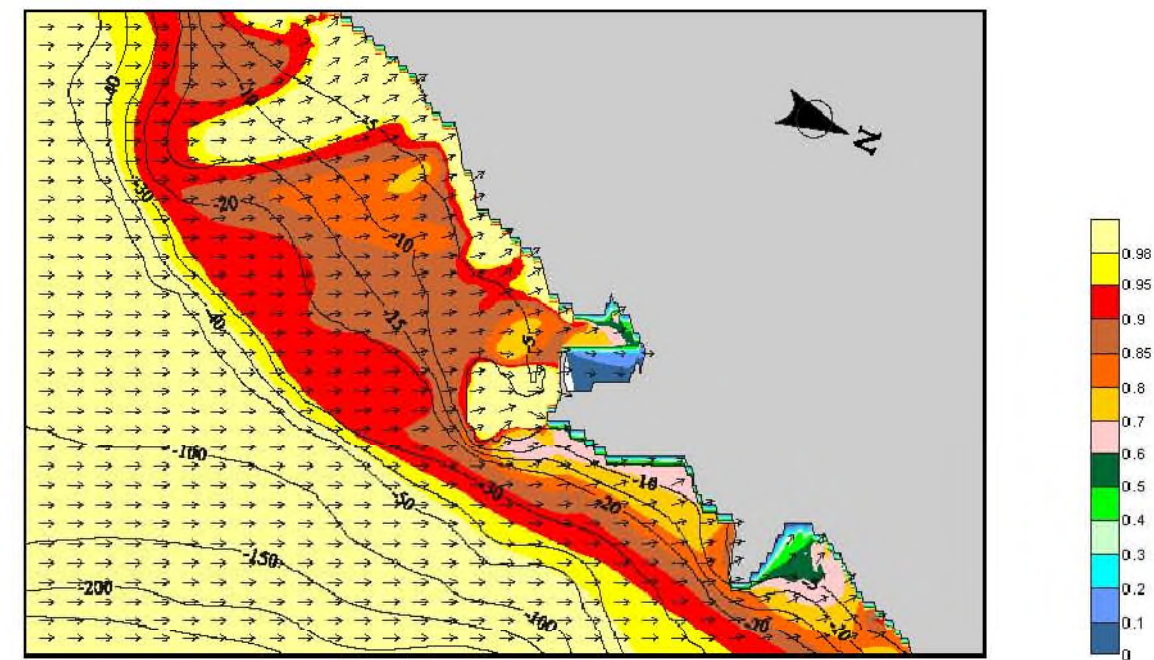


Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 26



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE; $T_p=8s$

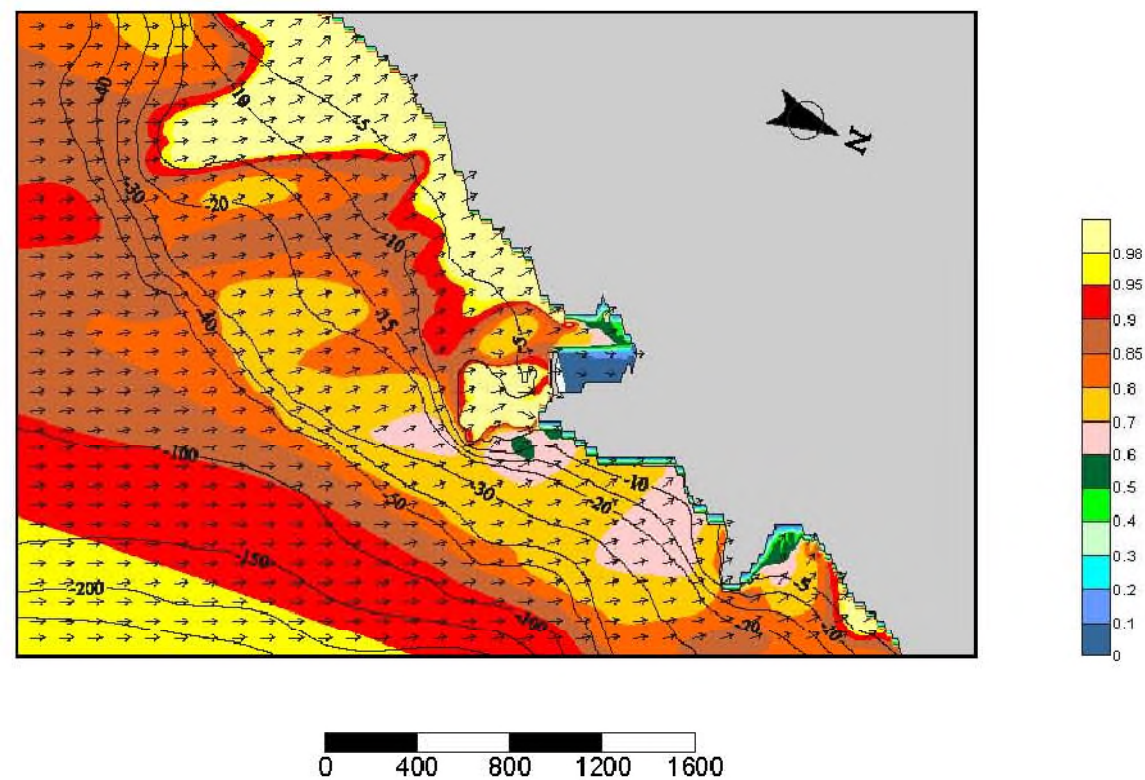


Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 27



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE; $T_p=12s$

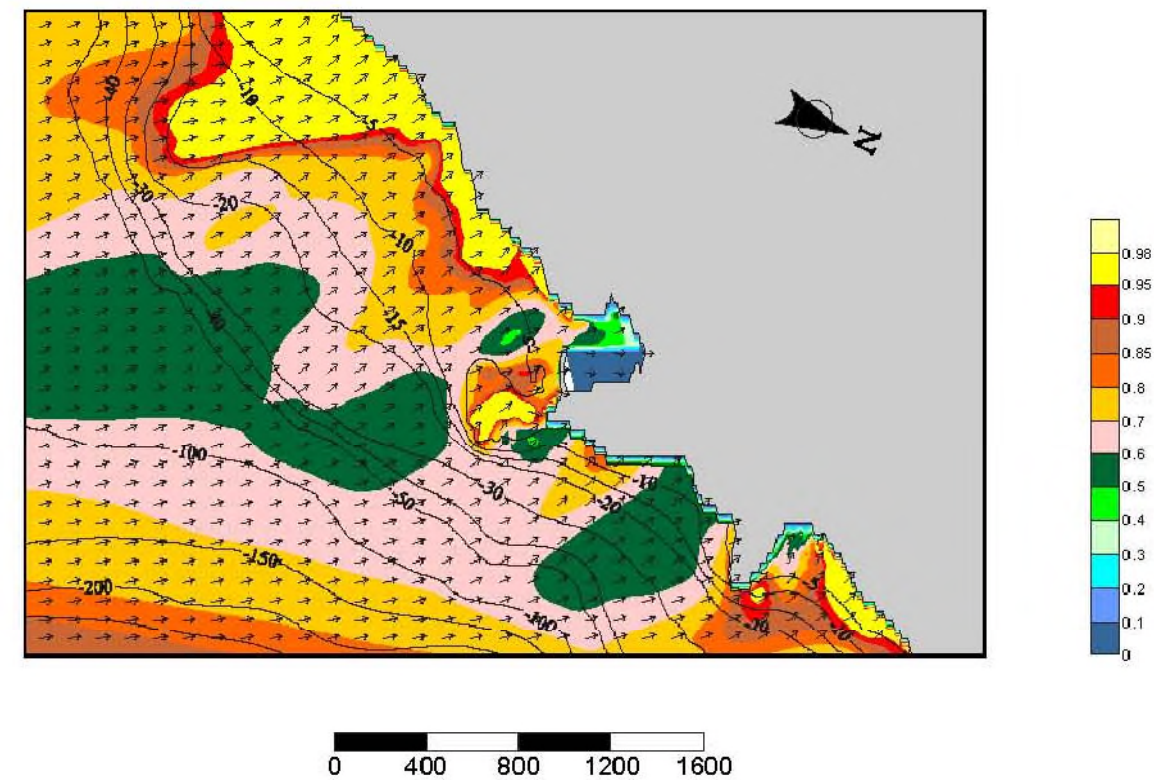
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 28



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE; $T_p=18s$

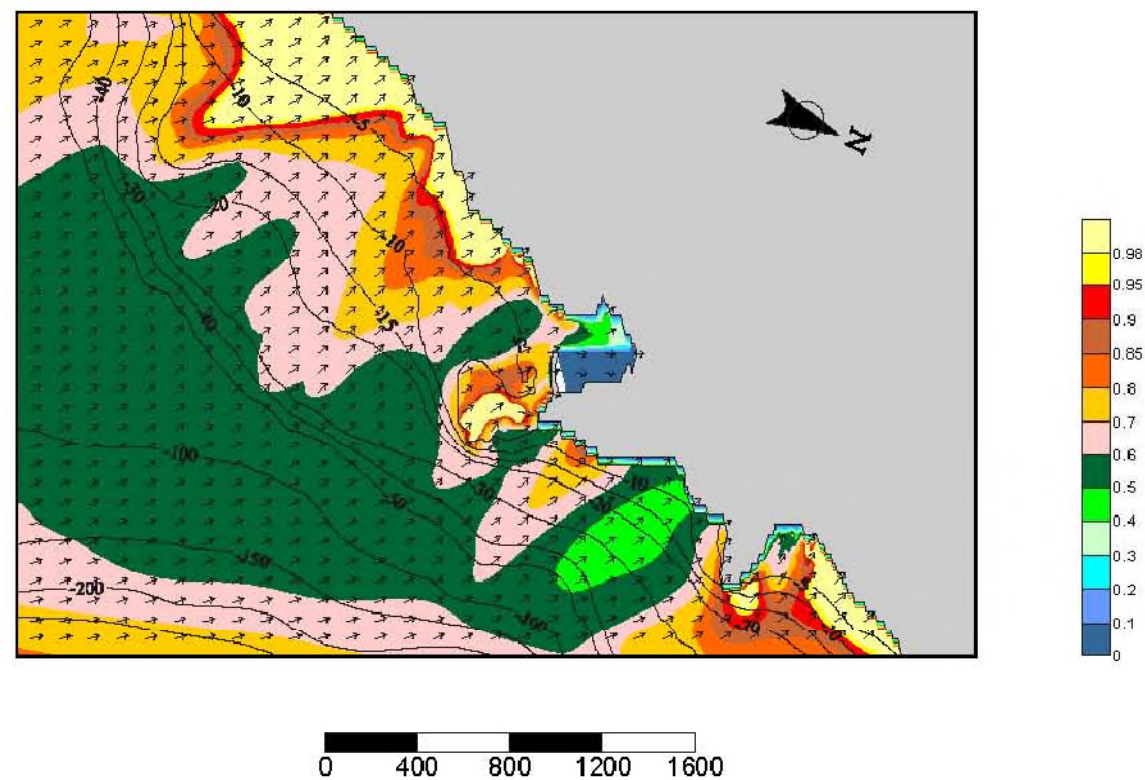
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 29



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección SSE; $T_p=23s$



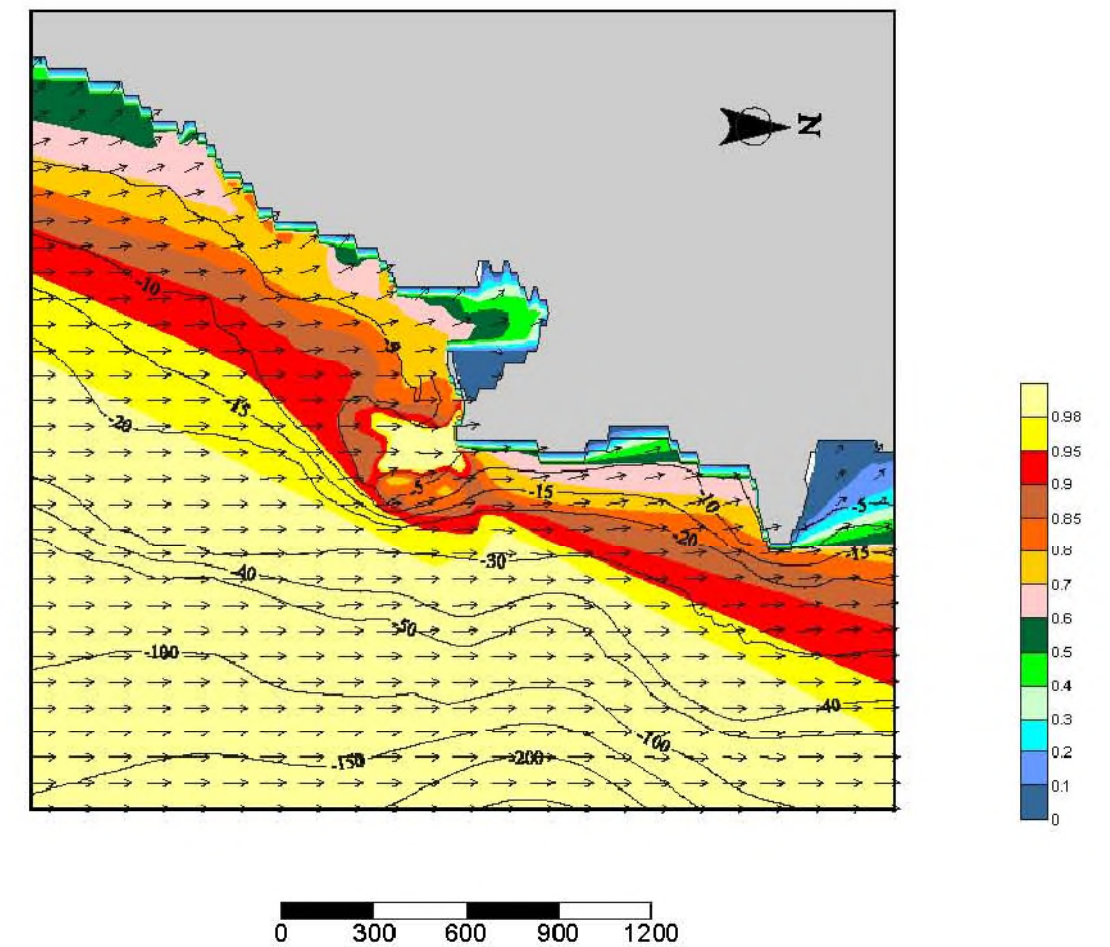
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 30



Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S; $T_p=4s$



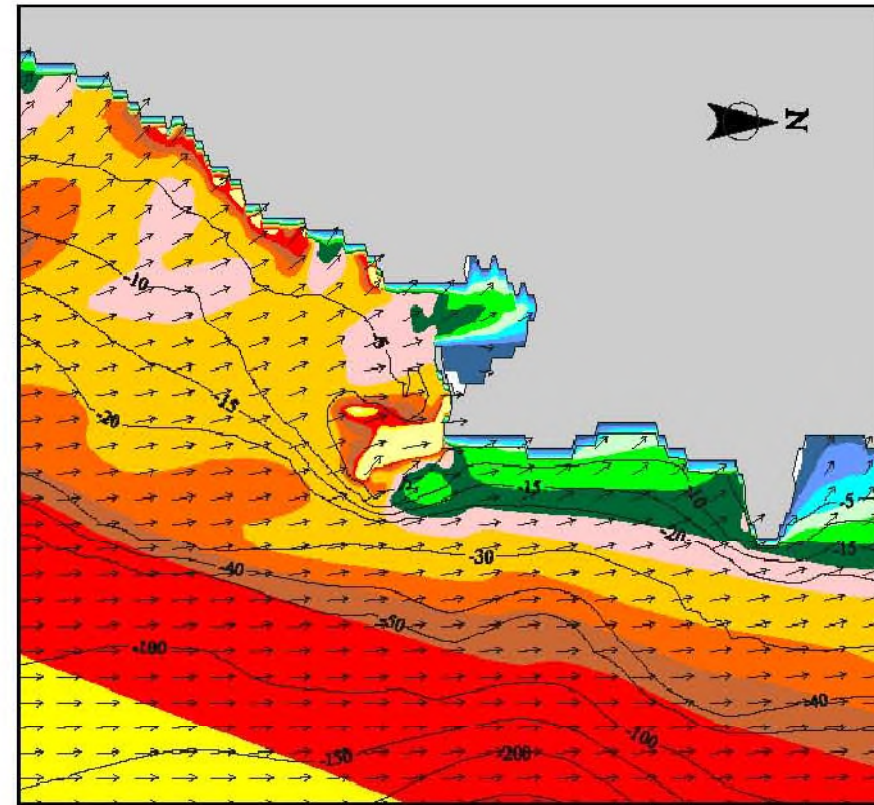
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 31



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S; $T_p=8s$



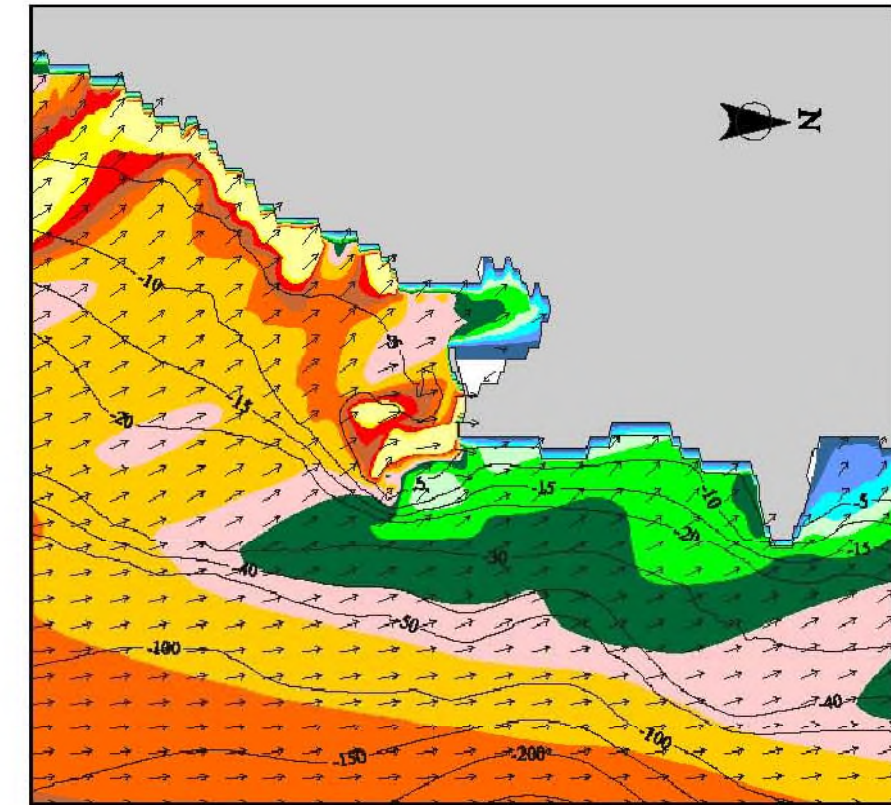
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 32



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S; $T_p=12s$



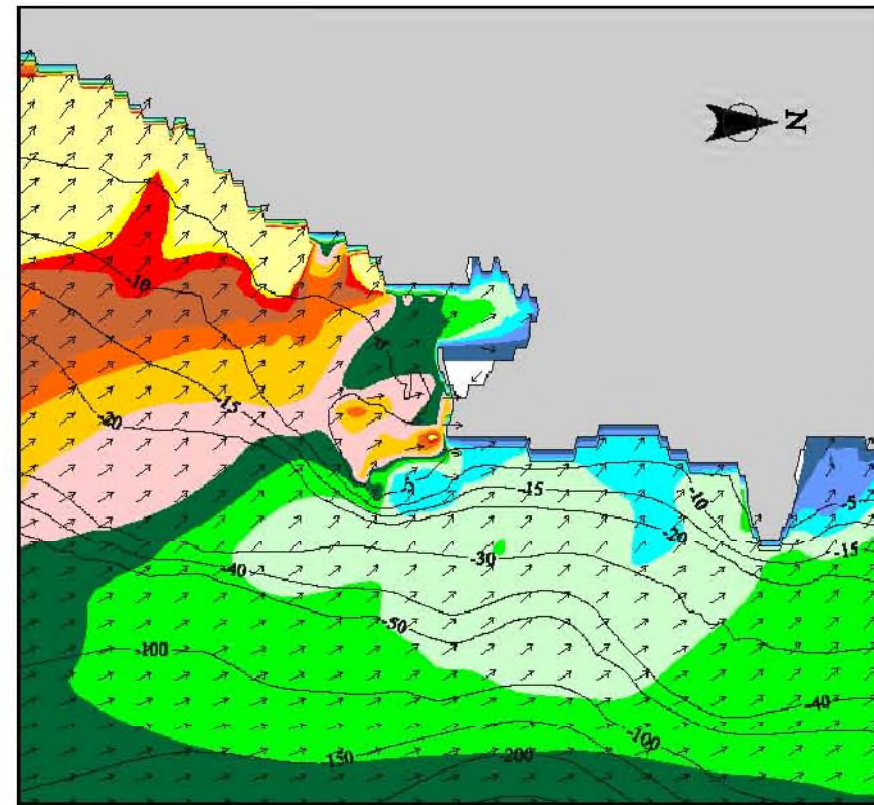
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos
Colegiado nº. 5.764
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)



Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 33



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S; $T_p=18s$

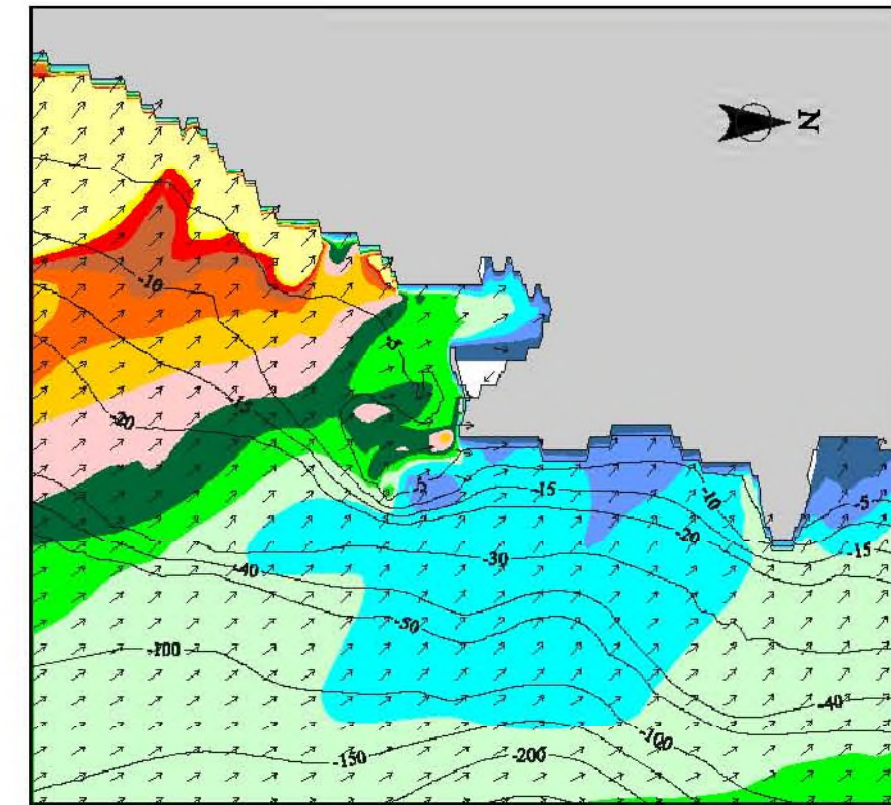
Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº 5.704
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 34



0 300 600 900 1200

Coefficientes de refracción y shoaling y vectores de propagación para oleaje de dirección S; $T_p=23s$

Ingeniero de Caminos
Canales y Puertos:
Colegiado nº 5.704
RICARDO SÁNCHEZ HORMIGA

Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

HIDTMA

Resultados de las propagaciones de
oleaje exterior: Figuras de detalle
de la zona de estudio

Figura 35

ANEXO 3

ESTABILIDAD DE LA PLAYA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. PLANTA DE PLAYA.....

2.1. Dirección de la energía media incidente.....

2.2. Orientación general de equilibrio de la nueva playa.....

2.3. Forma en planta de playas en difracción

2.4. Planta actual de playa

3. PERFIL DE PLAYA.....

3.1. Introducción.....

3.2. Profundidad de cierre.....

3.3. Perfil teórico de playa

3.4. Datos de playas canarias

3.4.1. Playa de La Laja (Gran Canaria)

3.4.2. Playa de Amadores (Gran Canaria)

3.4.3. Playa de El Beril (Tenerife)

3.4.4. Playa de Fañabé (Tenerife).....

3.5. Perfil previsto en la nueva playa.....

1

1

1

3

4

6

6

6

6

7

8

9

9

10

10

10

ANEXO 3.- ESTABILIDAD DE LA PLAYA

ANEXO 3

ESTABILIDAD DE LA PLAYA

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se realizan los cálculos necesarios para garantizar la estabilidad en planta y perfil del futuro relleno de la playa del Castillo.

Estos cálculos están basados en la siguiente metodología:

- Planta de equilibrio: se han determinado los condicionantes actuales de la orientación de equilibrio de la playa del Castillo y, en consecuencia, se ha deducido la orientación futura de la misma.

- Perfil de equilibrio: se han aplicado formas teóricas de equilibrio, contrastadas con datos reales de playas canarias.

2. PLANTA DE PLAYA

2.1. Dirección de la energía media incidente

La energía total de un oleaje es la suma de su energía cinética y de su energía potencial. La energía cinética es la parte del total de la energía debida a la velocidad de las partículas asociada con el movimiento orbital. La energía cinética por unidad de longitud en un frente de onda, definida según la teoría lineal, es la siguiente:

$$\overline{E_K} = \int_x^{x+L} \int_{-d}^{\eta} \rho \frac{u^2 + w^2}{2} dx dz$$

la cual, una vez integrada, resulta en la expresión:

$$\overline{E_K} = \frac{1}{16} \rho g H^2 L$$

Por su parte, la energía potencial es aquella parte de la energía resultante de la parte de masa del fluido que se encuentra por encima del seno de la onda. La energía potencial por unidad de longitud en el frente de onda se expresa como:

$$Ep = \int_x^{x+L} \rho g \left[\frac{(\eta + d)}{2} - \frac{d^2}{2} \right] dx$$

expresión que, tras la integración se formula como:

$$Ep = \int_x^{x+L} \rho g \left[\frac{(\eta + d)}{2} - \frac{d^2}{2} \right] dx$$

De acuerdo con la teoría de Airy, si la energía potencial se determina con relación al nivel medio del mar y todas las ondas se propagan en la misma dirección, las componentes de la energía cinética y potencial del oleaje son iguales, de forma que la energía total de una longitud de onda por unidad de anchura de cresta resulta ser:

$$E = E_K + Ep = \frac{\rho g H^2 L}{16} + \frac{\rho g H^2 L}{16} = \frac{\rho g H^2 L}{8}$$

donde los subíndices k y p indican energía cinética y potencial respectivamente. La energía media total por unidad de superficie, denominada energía específica o densidad de energía, se define como:

$$\overline{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8}$$

El flujo de energía del oleaje es la tasa a la cual la energía es transmitida en la dirección de la propagación de la onda a través de un plano vertical perpendicular a la dirección de avance, y que se extiende a lo largo de toda la profundidad de propagación. Asumiendo la teoría lineal, el flujo medio de energía del oleaje por unidad de longitud de cresta que se transmite a través de un plano vertical es:

$$P = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \int_{-d}^{\pi} p u dz dx$$

e integrando esta ecuación se obtiene:

$$\overline{P} = \overline{EnC} = \overline{Ec}_g$$

donde P se denomina potencia del oleaje y Cg es la celeridad de grupo. En profundidades reducidas, la celeridad de grupo de un oleaje viene dada por la expresión:

$$C_{g_s} = \frac{L}{T} = C \approx \sqrt{gd}$$

Considerando la dirección de incidencia de la energía de los diferentes oleajes que llegan hasta una playa para su composición en una dirección media, el cálculo de la energía media del oleaje incidente sobre la costa se puede realizar según la formulación siguiente:

$$P = \frac{1}{16} \rho g \left(H^2 C_g \right)_b \text{sen}(2\theta_b)$$

siendo:

H = altura de ola,

Cg = celeridad de grupo (teoría lineal),

b = subíndice que representa condiciones del oleaje en rotura,

θb = ángulo entre el oleaje en rotura y la línea de costa local,

ρ = densidad del agua (1.025 t/m3).

Siguiendo la metodología anterior, se ha calculado la energía producida por cada uno de los oleajes integrantes del clima marítimo en el exterior de Caleta, y se ha compuesto cada uno de ellos hasta determinar la dirección de su componente media.

El cálculo anterior se ha realizado para un punto situado frente a la playa del Castillo, según se indica en la figura 2.1.

2.2. Orientación general de equilibrio de la nueva playa

La playa del Castillo presenta una orientación de equilibrio plenamente abrigada de los oleajes del primer cuadrante, y más expuesta a los oleajes del segundo cuadrante.

Dado que los oleajes predominantes en la zona son los procedentes del primer cuadrante, la playa del Castillo está plenamente abrigada por el puerto deportivo, debiendo estar configurada como una playa típica de difracción.

2.3. Forma en planta de playas en difracción

Con el objeto de analizar los condicionantes de la planta de equilibrio actual de la playa del Castillo, se ha procedido a su ajuste mediante curvas experimentales, cuyo desarrollo teórico se presenta a continuación.

Muchos autores han analizado la posibilidad de que la forma en planta de equilibrio de playas que se encuentran localizadas a resguardo de obstáculos naturales o artificiales, se ajusten a formas geométricas definidas (p.ej.: medias elipses, espirales logarítmicas, parábolas). Yasso (1965) midió las formas en planta de cuatro bahías en las costas este y oeste de los EE.UU. y mostró que se aproximaban a una espiral logarítmica.

La estabilidad de estas formas en planta tiene un gran interés dentro de la ingeniería de costas, ya que es una herramienta muy útil para el diseño de playas.

En 1960, Silvester empezó a realizar ensayos en modelos físicos para estudiar la forma en planta de playas al resguardo de obstáculos, llegando a la conclusión que el ángulo de la familia de espirales logarítmicas es función de la oblicuidad del oleaje incidente.

Mediante los resultados de los ensayos físicos, Silvester separa la línea de costa en tres zonas con diferentes curvaturas:

- Un primer tramo situado en la zona de sombra a resguardo del polo de difracción que se corresponde con un arco circular.
- Una segunda zona, después de la zona de sombra, cuya forma se ajusta a una espiral logarítmica.
- Un tercer tramo, tangente al anterior que se prolonga en forma recta en el sentido del transporte longitudinal, hacia el siguiente saliente.

Yasso (1965) afirmó que la curva de la forma en planta de una playa encajada, puede ser definida por una espiral logarítmica; afirmación que posteriormente comprobó Silvester (1970), cuya ecuación se define como:

$$R_2 / R_1 = e^{\vartheta \cot \alpha}$$

donde ϑ es el ángulo entre los radios R_2 , R_1 y (α) es el ángulo constante entre cada radio y la tangente a la curva.

Garau (1973) realizó diversas observaciones en playas del Mediterráneo, llegando a la conclusión de que la mayoría de ellas se ajustaban a espirales logarítmicas, siendo el ángulo de estas espirales función del rozamiento interno de las arenas, y generalizó este ángulo en 30º. La teoría de Garau se ajusta muy bien en mares sin marea (Mediterráneo), aunque en mares con carrera de marea acusada los ajustes a ese ángulo no son buenos.

Rafael Consuegra (1996) comprobó que la mayoría de las playas mediterráneas se ajustan de forma parecida a formas parabólicas y espirales logarítmicas de ángulo característico 30º. Sin embargo, en mares con carrera de marea elevada, como sucede en la costa atlántica española, la espiral de 30º se ajusta manifiestamente mal a las formas en planta de las playas, siendo la espiral de 25-26º la que proporciona una mayor aproximación a la planta real.

Hsu et al. (1987) vieron que los ajustes realizados mediante espirales logarítmicas, cuando su origen coincidía con el punto de control, no se adaptaban bien a los tramos rectos de las playas analizadas. A partir de los ajustes realizados utilizando los ensayos de Ho (1971) y algunas bahías naturales de Australia, Hsu y Evans (1989) derivaron el siguiente polinomio:

$$R / R_0 = C_0 + C_1(B / \phi) + C_2(B / \phi)^2$$

donde F es el ángulo entre el frente del oleaje y los radios vectores (R) que pasan por el punto de control, R_0 es la línea de control, que une el punto de control y el punto de tangencia entre la playa y el frente del oleaje. El ángulo B es la oblicuidad del oleaje definido entre el frente del oleaje y la línea de control, y C_0 , C_1 y C_2 son unos coeficientes que varían uniformemente con B .

El origen del modelo parabólico se localiza en el punto de control, lugar donde se produce la difracción del oleaje, y se considera que el frente del oleaje en la dirección predominante es paralelo a la parte tangente de la playa.

Esta ecuación de segundo orden es válida para describir la mayor parte de la forma en planta de una playa encajada en equilibrio estable. Los parámetros principales de este modelo son la oblicuidad del oleaje y la localización de los puntos de control, no habiéndose

incluido en el modelo parámetros como: altura de ola, periodo, pendiente del perfil de playa y tamaño del sedimento.

Como aplicación práctica en la costa mediterránea, Berenguer y Enríquez (1984) determinaron que, para las playas de bolsillo, la línea de orilla se ajusta de forma bastante razonable a una semicircunferencia con su centro situado en el medio de la abertura que dejan los diques de defensa. Cuanto más cerrado es el esquema de la playa en cuestión, con una abertura menor entre diques exentos, el ajuste a esta forma semicircular es mejor.

2.4. Planta actual de playa

Como resultado de lo anterior, la figura 2.2 muestra el ajuste de la planta de playa actual al sur del puerto a espirales logarítmica de ángulo característico 26º, con los polos situados en el los puntos de difracción de cada una de las celdas existentes.

Puede verse que la planta actual de playa se ajusta de forma bastante adecuada a esta curva teórica.

3. PERFIL DE PLAYA

3.1. Introducción

En el presente capítulo se analiza el perfil de equilibrio que adoptará la playa regenerada.

Para ello, se comienza determinando la profundidad de cierre teórica en este sector de costa, basándose para ello en el clima marítimo propagado hasta el frente litoral y en formulaciones teóricas usuales.

A continuación, se estudia el perfil de playa teórico que debe adoptar el nuevo relleno, y se compara con datos reales de playas existentes en el entorno.

3.2. Profundidad de cierre

Para establecer la profundidad límite de movimiento significativo del sedimento se ha empleado la fórmula de Birkemeier (1985), que toma como punto de partida los desarrollos teóricos de Hallermeier acerca del movimiento de sedimentos en el fondo marino por la

acción del oleaje, ajustando con medidas en la naturaleza los parámetros de las fórmulas correspondientes.

La expresión final de la profundidad límite a la cual se puede esperar un movimiento significativo estacional de los fondos es la siguiente:

$$d_1 = 1.75 * H_e - 57.9 \left(H_s^2 / g T^2 \right)$$

siendo H_e la altura de ola excedida 12 horas al año, y T el periodo del oleaje asociado.

Para nuestro caso, partiendo de los datos de clima marítimo expuestos en apartados anteriores, adoptamos los siguientes valores:

H_e=1.75 m

T=12 s

de forma que:

d₁=2.90 m

3.3. Perfil teórico de playa

Para determinar las características del nuevo perfil de playa regenerado se ha empleado la formulación parabólica de Dean (1977), la cual supone que la disipación de energía por unidad de volumen se mantiene constante en la zona de rotura, de forma que:

$$h = Ax^{2/3}$$

siendo (h) la profundidad y (A) un parámetro relacionado con características como el tamaño de grano, la energía de oleaje incidente, etc. El parámetro (A) se denomina factor de escala o coeficiente de forma del perfil, y es función de la forma en la que se disipa la energía a lo largo del perfil.

Las hipótesis de las que se parte para el establecimiento del modelo de Dean son las siguientes:

- Se parte de una playa en equilibrio, con transporte neto longitudinal nulo o constante, e independiente del transporte transversal.

- La disipación de energía por unidad de volumen en la zona de rotura es constante.
- La disminución de la altura de ola en la zona de rotura es gradual (rotura en descrestamiento), y sigue una ley lineal constante.
- No hay variaciones significativas del nivel del mar.

Datos empíricos y experimentales posteriores (Dean, 1987) han llevado a la relación:

$$A = K w^{0.44}$$

siendo (K) una constante de valor aproximado 0.5-0.6 y (w) la velocidad de sedimentación de la arena. Otros análisis posteriores (Kriebel et al., 1991) determinaron la relación:

$$A = 1.05 w^{2/3}$$

El correcto ajuste del modelo de Dean a muchas playas contrasta con su escasa capacidad por representar perfiles reales en otros muchos casos, lo que hace necesario siempre proceder a un análisis previo. En particular, las playas en mares con carrera de marea, como es la costa canaria, no se ajustan a las condiciones impuestas por esta teoría. Se ha comprobado (M. González, 1995; G. Pina, 1996) que en algunas situaciones de variación del nivel medio se requieren dos parábolas diferentes para ajustar todo el perfil de playa: una primera parábola ajustaría toda la zona intermareal, desde la pleamar máxima hasta la cresta de la barra sumergida (caso de existir ésta), y otra parábola se ceñiría al resto del perfil a partir de la cota de bajamar.

En perfiles con fondo rocoso se aprecia una tendencia de los perfiles de playa a ajustarse a valores del parámetro de Dean superiores al teórico, manifestando con ello una tendencia del oleaje a una mayor disipación que en un perfil natural. Además, y dada la escasa profundidad del perfil activo en estos casos, el ajuste de una única parábola superior es suficiente, normalmente, para obtener resultados adecuados.

3.4. Datos de playas canarias

Se dispone de batimetrías obtenidas en playas canarias regeneradas con sedimento de aportación. Estas playas son las siguientes:

- Playa de La Laja (costa este de Gran Canaria). Esta playa fue regenerada con material procedente del banco submarino de Malpaso, con un tamaño medio de sedimento de 0.28 mm.

- Playa de Amadores (costa oeste de Gran Canaria). Fue regenerada parcialmente con material procedente del banco sumergido de Pasito Blanco, y dispone de una granulometría media de materiales.

- Playas de El Beril (costa oeste de Tenerife).

- Playas de Fañabé (costa oeste de Tenerife).

Partiendo de las batimetrías actuales de estas playas, se han analizado los perfiles de equilibrio de las mismas para obtener el valor del coeficiente de forma de Dean (A) y relacionarlo con las características granulométricas.

3.4.1. Playa de La Laja (Gran Canaria)

La situación de esta playa se presenta en la figura 3.1.

El tamaño medio del sedimento de aportación fue de 0.28 mm, según las prospecciones realizadas en el banco submarino de Malpaso, lugar de procedencia de la arena.

La playa está protegida por un dique exento (figura 3.2), de forma que para el análisis se han seleccionada los perfiles centrales P-3 y P-8.

El perfil de playa responde a una doble parábola de Dean, con un coeficiente adicional $K=1.45$ que se aplica al valor de A, y que es consecuencia del grado de abrigo de la playa (diques de protección).

3.4.2. Playa de Amadores (Gran Canaria)

La situación de esta playa se presenta en la figura 3.3.

La playa fue regenerada parcialmente con material procedente del banco submarino de Pasito Blanco.

El tamaño medio del sedimento en la playa es de 0.70 mm en la zona activa superior del perfil, y de 0.50 mm en la playa seca, según el análisis de muestras realizado.

La playa está protegida por dos espigones y un dique de apoyo, lo que le confiere un elevado grado de resguardo, según se manifiesta en la configuración de los fondos de la celda artificial.

El perfil superior de playa responde a una parábola de Dean, con un coeficiente adicional K de 1.70 que se aplica al valor de A, y que es consecuencia del elevado grado de abrigo de la playa.

3.4.3. Playa de El Beril (Tenerife)

La situación de esta playa se presenta en la figura 3.5. La playa fue regenerada con material procedente préstamo submarino.

El tamaño medio del sedimento en la playa activa es de 0.55 mm, según los análisis realizados a muestras de sedimento (ver figura 3.6).

La playa está protegida por diques exentos y un pie de apoyo a la cota -1 m, lo que proporciona un elevado grado de resguardo.

El perfil de playa responde a una parábola de Dean, con un coeficiente adicional K de 1.50 que se aplica al valor de A, como consecuencia del alto grado de abrigo de la playa.

3.4.4. Playa de Fañabé (Tenerife)

La situación de esta playa se presenta en la figura 3.7. La playa fue regenerada con material procedente préstamo submarino.

El tamaño medio del sedimento en la playa activa es de 0.26 mm, según los análisis realizados a muestras de sedimento (ver figura 3.8).

La playa está protegida por una serie de diques exentos y un pie de apoyo a la cota -1 m, lo que proporciona un elevado grado de resguardo. Además, la zona sureste de la costa de Tenerife presenta un régimen medio de oleaje con una energía media bastante reducida.

El perfil de playa responde a una parábola de Dean, con un coeficiente adicional K de 2.10 que se aplica al valor de A, como consecuencia del alto grado de abrigo de la playa.

3.5. Perfil previsto en la nueva playa

Se estima que el tamaño medio del sedimento de aportación será de 0.60 mm, correspondiente al material disponible en bancos submarinos cercanos a Caleta de Fuste.

Para el cálculo del perfil de equilibrio se ha adoptado un valor del diámetro medio conservador, ligeramente inferior al aparentemente disponible. Así, para un valor del tamaño medio del sedimento D50=0.45 mm, el valor de A Dean es:

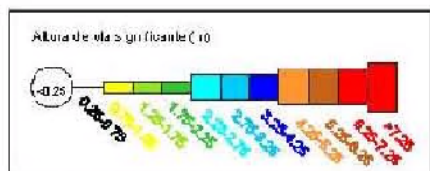
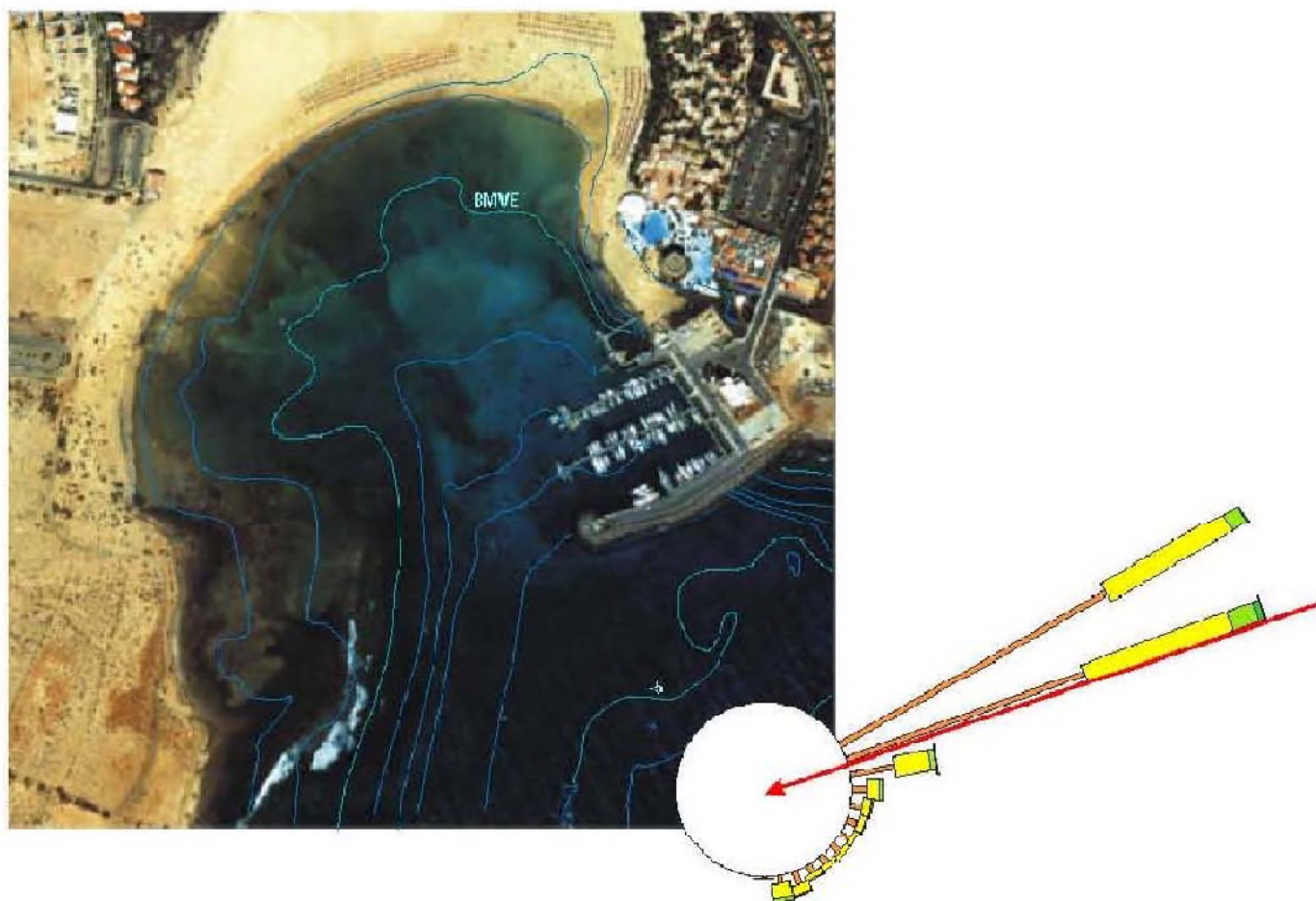
$A=0.51 w^{0.44} = 0.144$

Consideraremos que no se produce disipación adicional del oleaje debido a la difracción o a abrigos adicionales de la nueva playa.

Para la pendiente a cotas superiores al nivel de pleamar se ha adoptado el valor 1/10, en prolongación con la pendiente de la curva teórica en su tramo superior.

La figura 3.9 muestra el perfil de playa teórico adoptado.

FIGURAS



Dirección media de la energía incidente en Caleta de Fuste

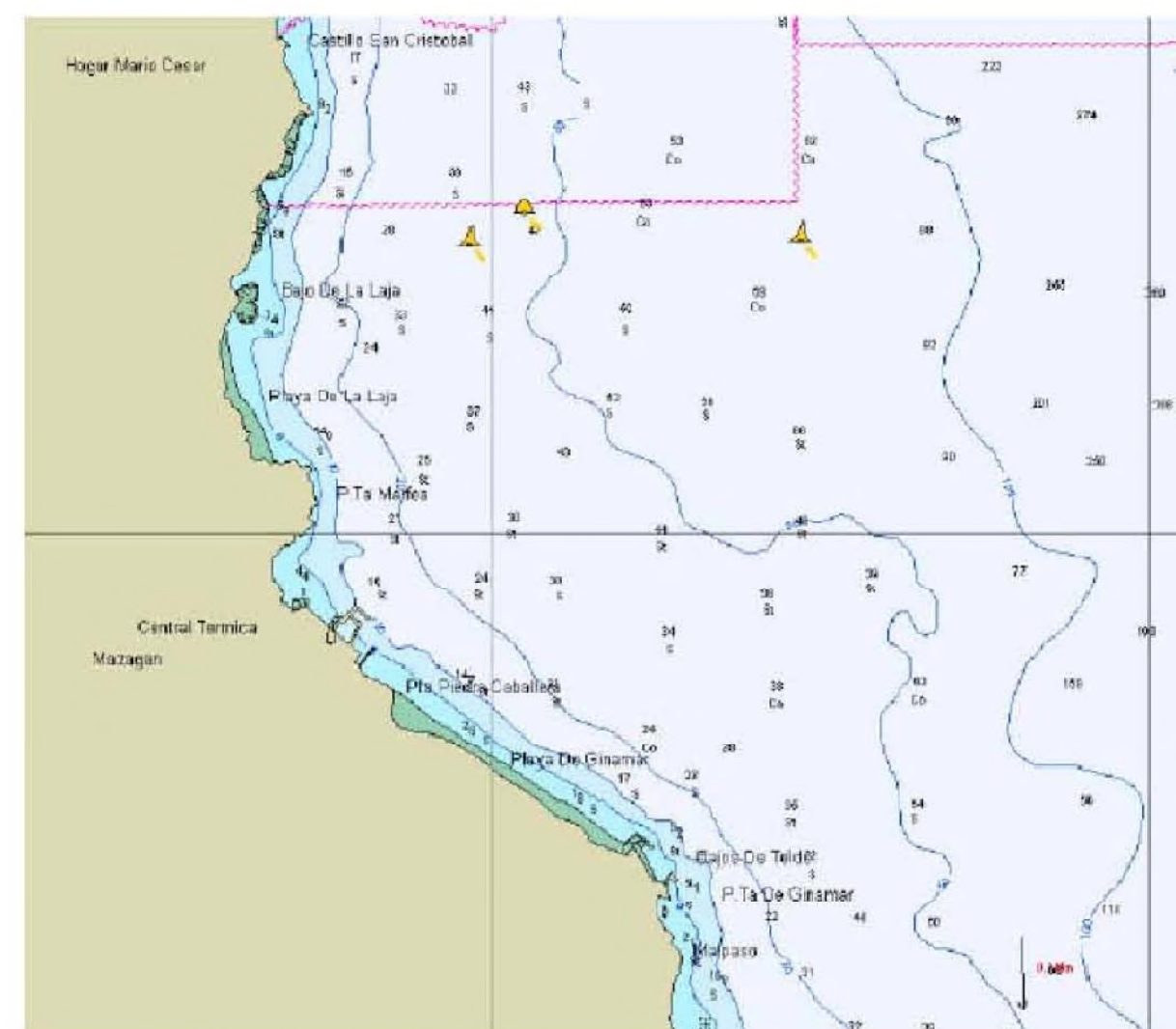


Estabilidad de la playa

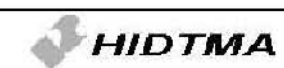


Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

A3 - Figura 2.1



Situación de la playa de La Laja

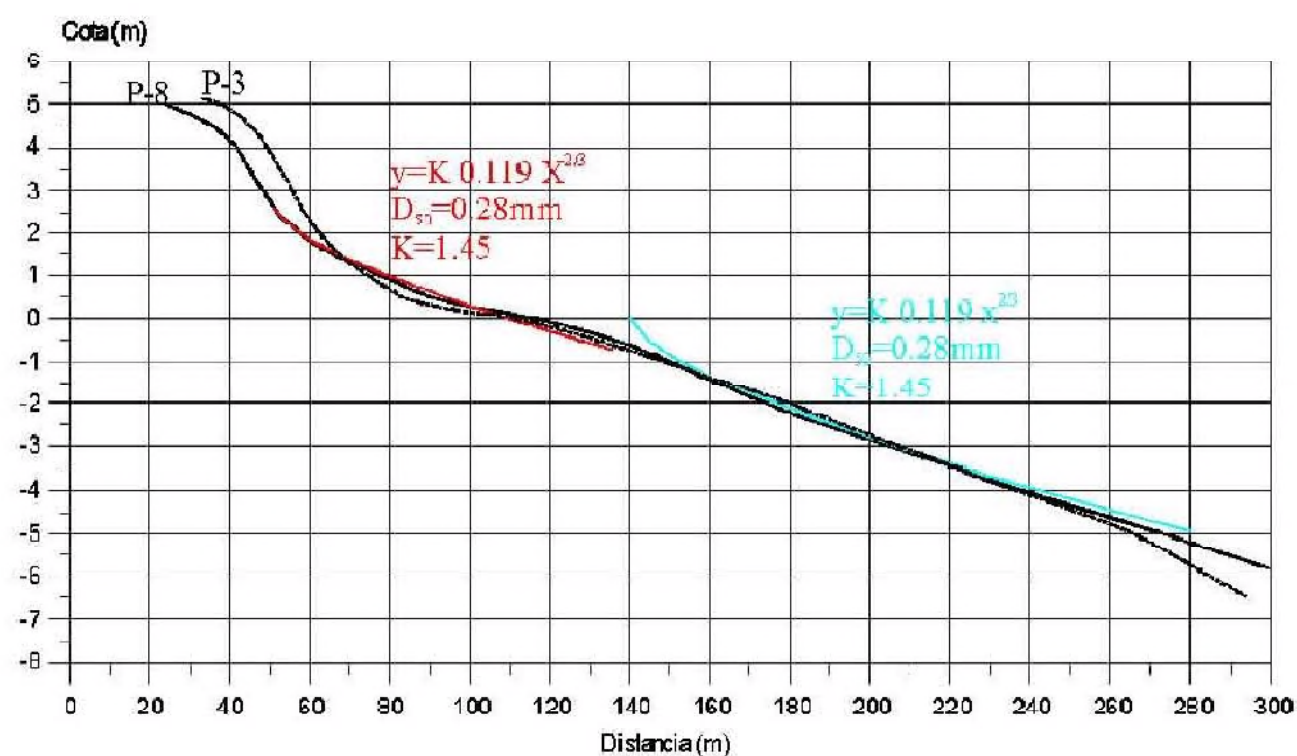
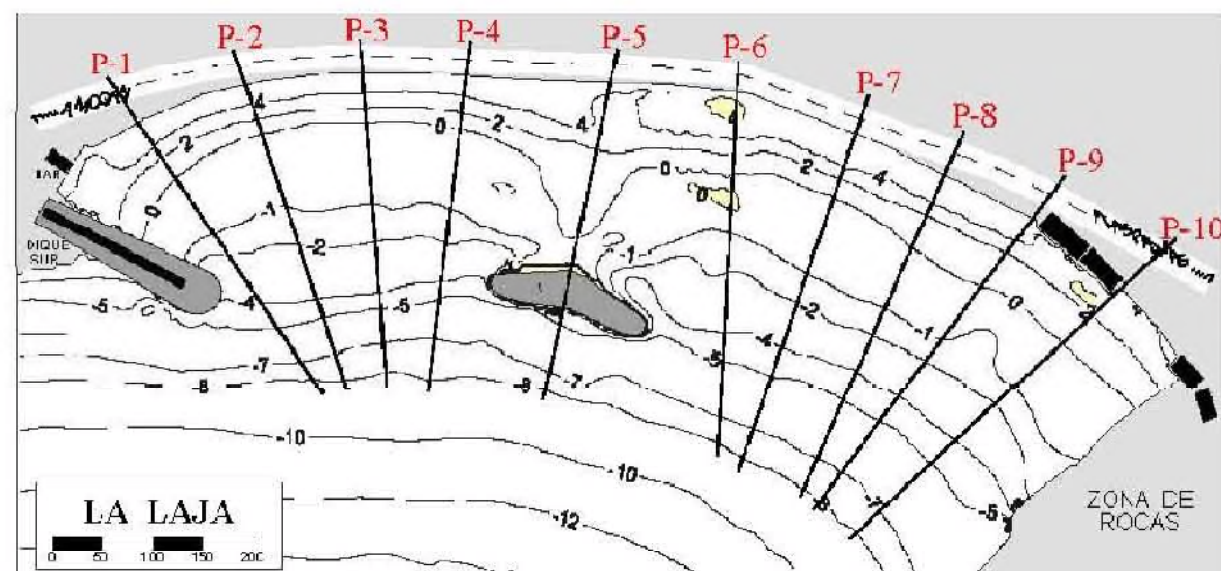


Estabilidad de la playa



Estudio de acondicionamiento de la playa
del Castillo (Caleta de Fuste)

A3 - Figura 3.1



Perfil de equilibrio de la playa de La Laja. Ajuste teórico al perfil de Dean, con un coeficiente K que incluye el factor de abrigo natural y artificial de la playa.

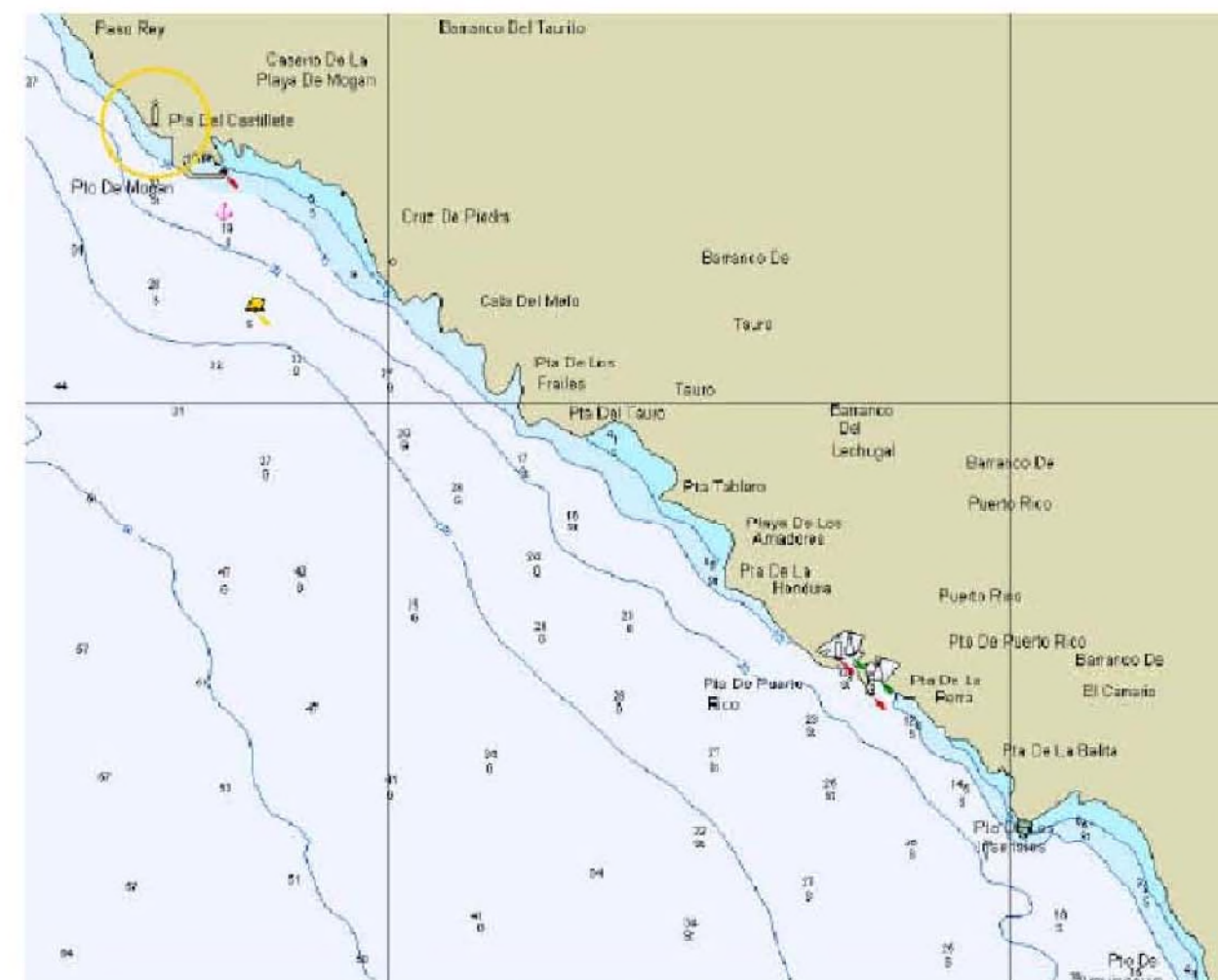


Estabilidad de la playa



Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

A3 - Figura 3.2



Situación de la playa de Amadores

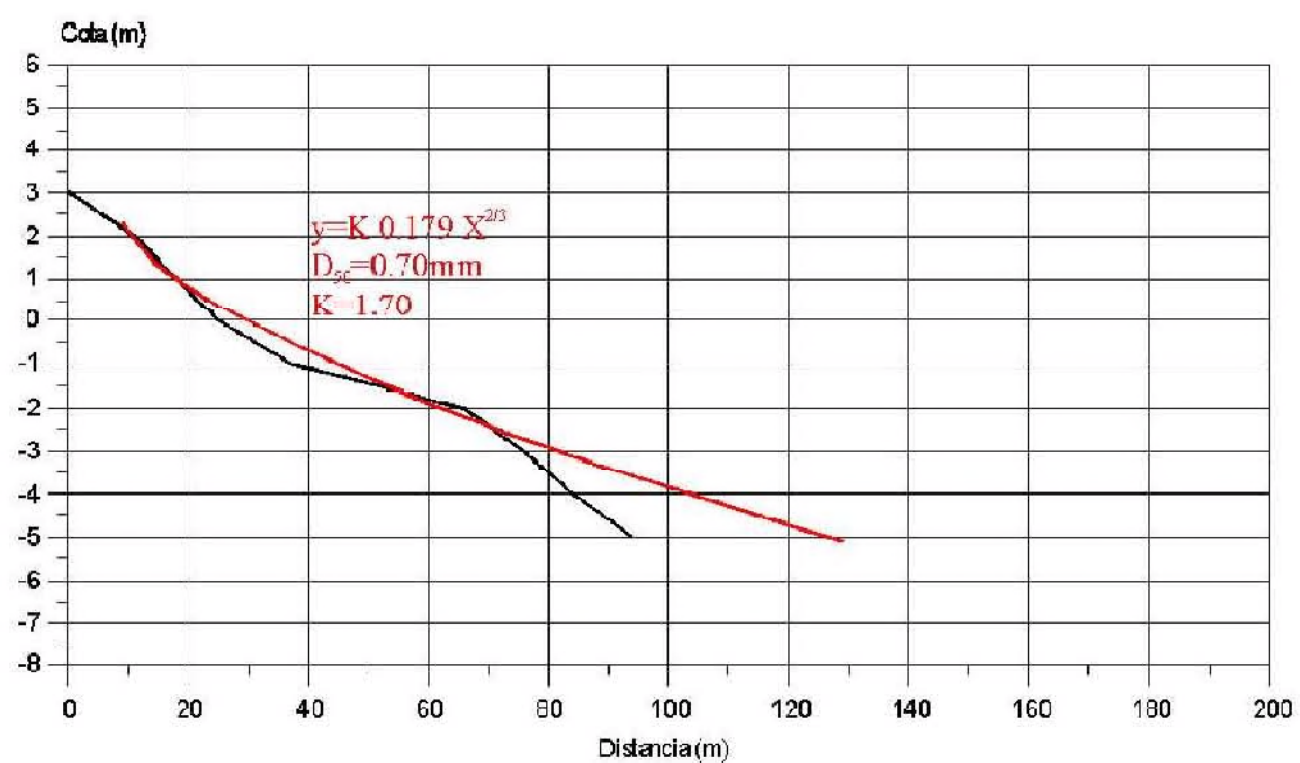
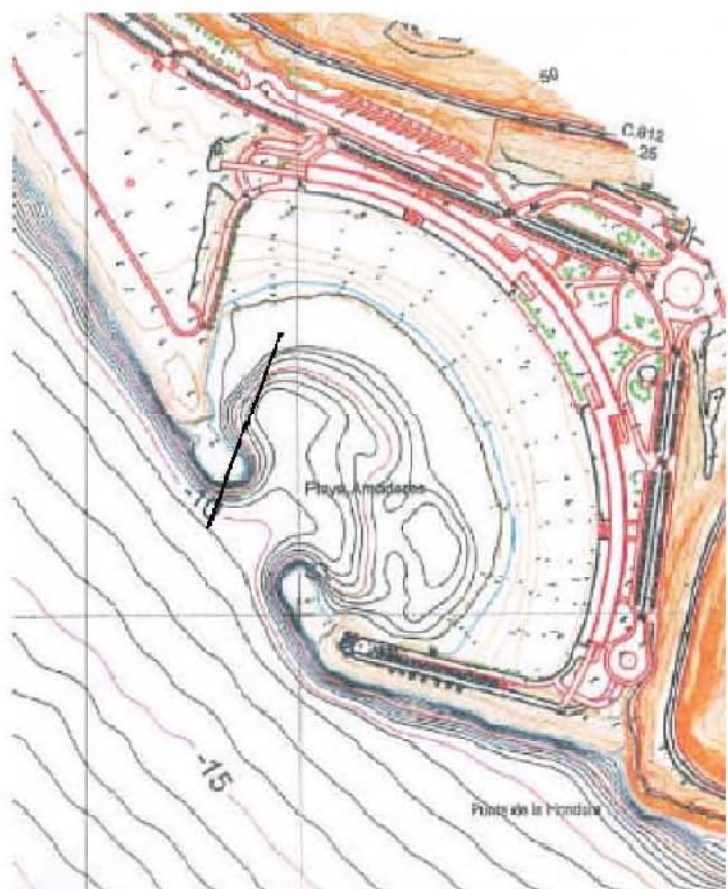


Estabilidad de la playa



Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

A3 - Figura 3.3



Perfil de equilibrio de la playa de Amadores. Ajuste teórico al perfil de Dean, con un coeficiente K que incluye el factor de abrigo natural y artificial de la playa.

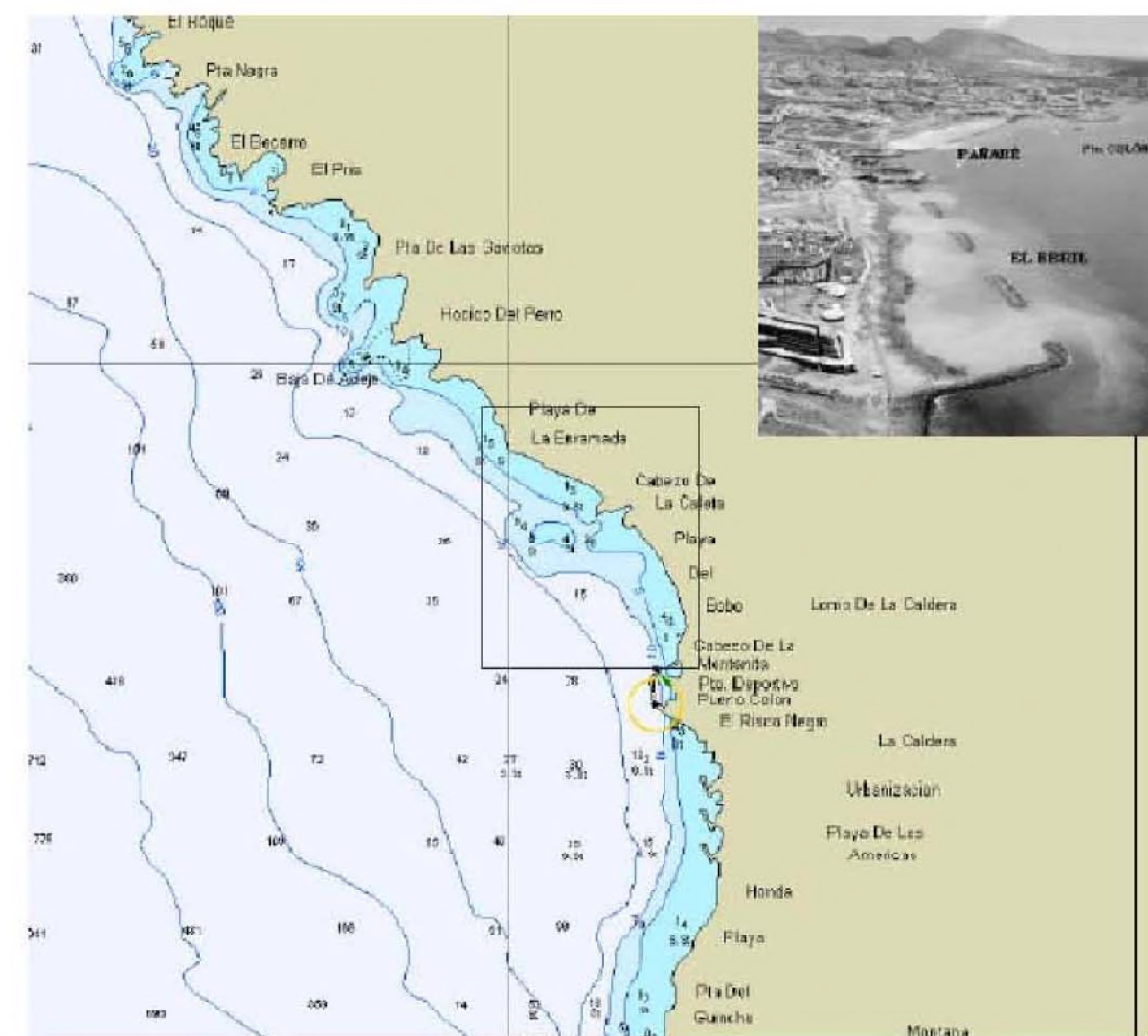


Estabilidad de la playa



Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

A3 - Figura 3.4



Situación de la playa de El Beril

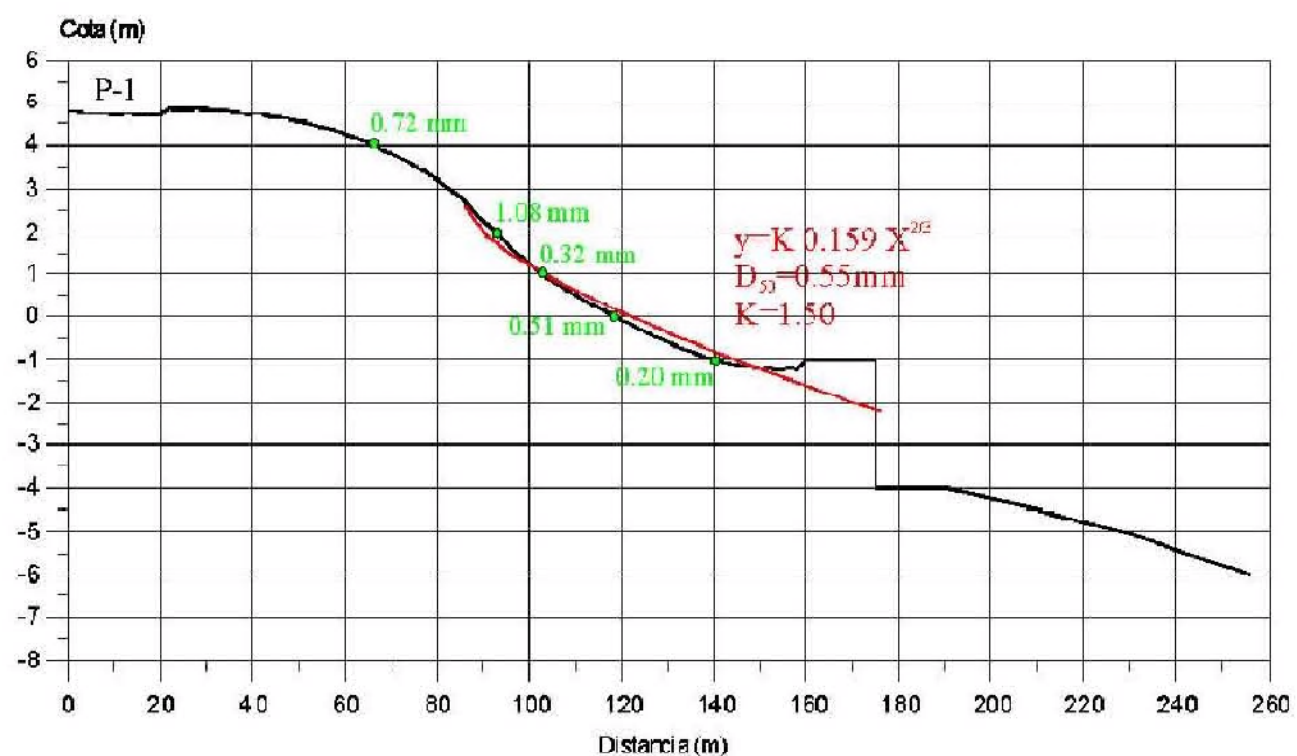
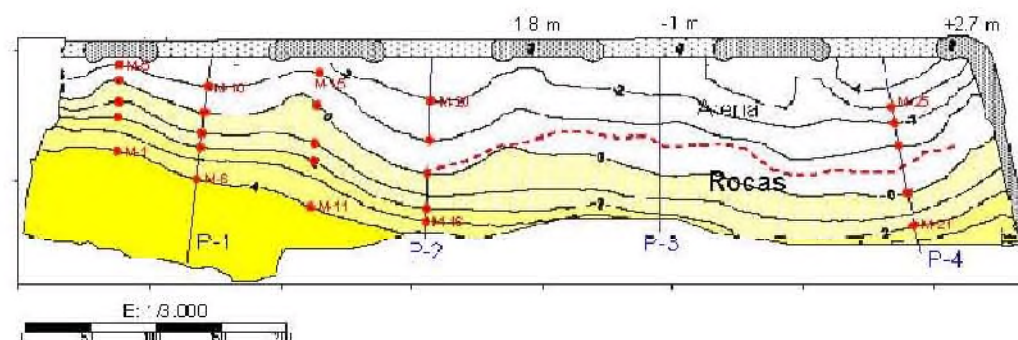


Estabilidad de la playa



Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

A3 - Figura 3.5



Perfil de equilibrio de la playa de El Beril. Ajuste teórico al perfil de Dean, con un coeficiente K que incluye el factor de abrigo natural y artificial de la playa.

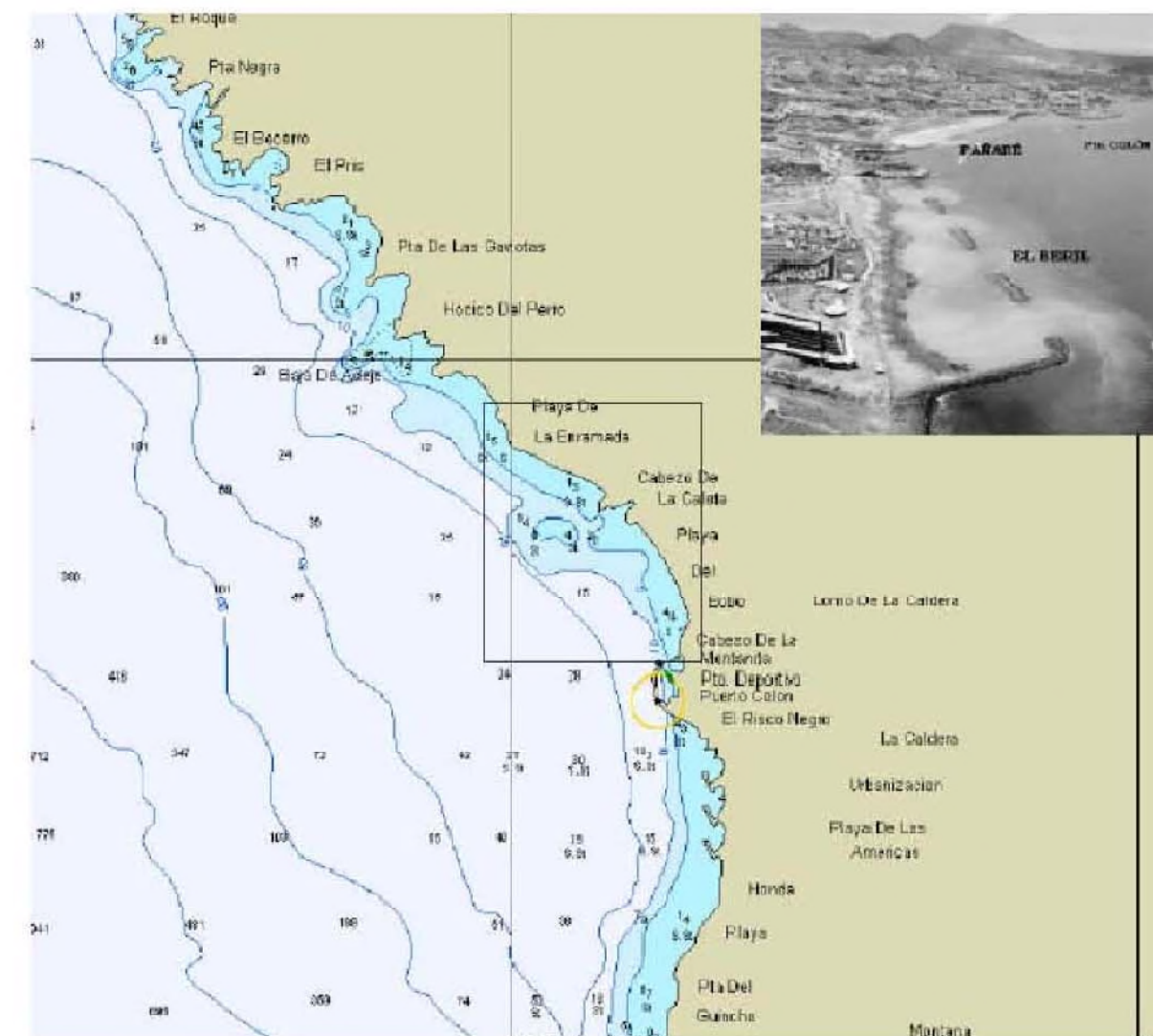


Estabilidad de la playa



Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

A3 - Figura 3.6



Situación de la playa de Fariabé

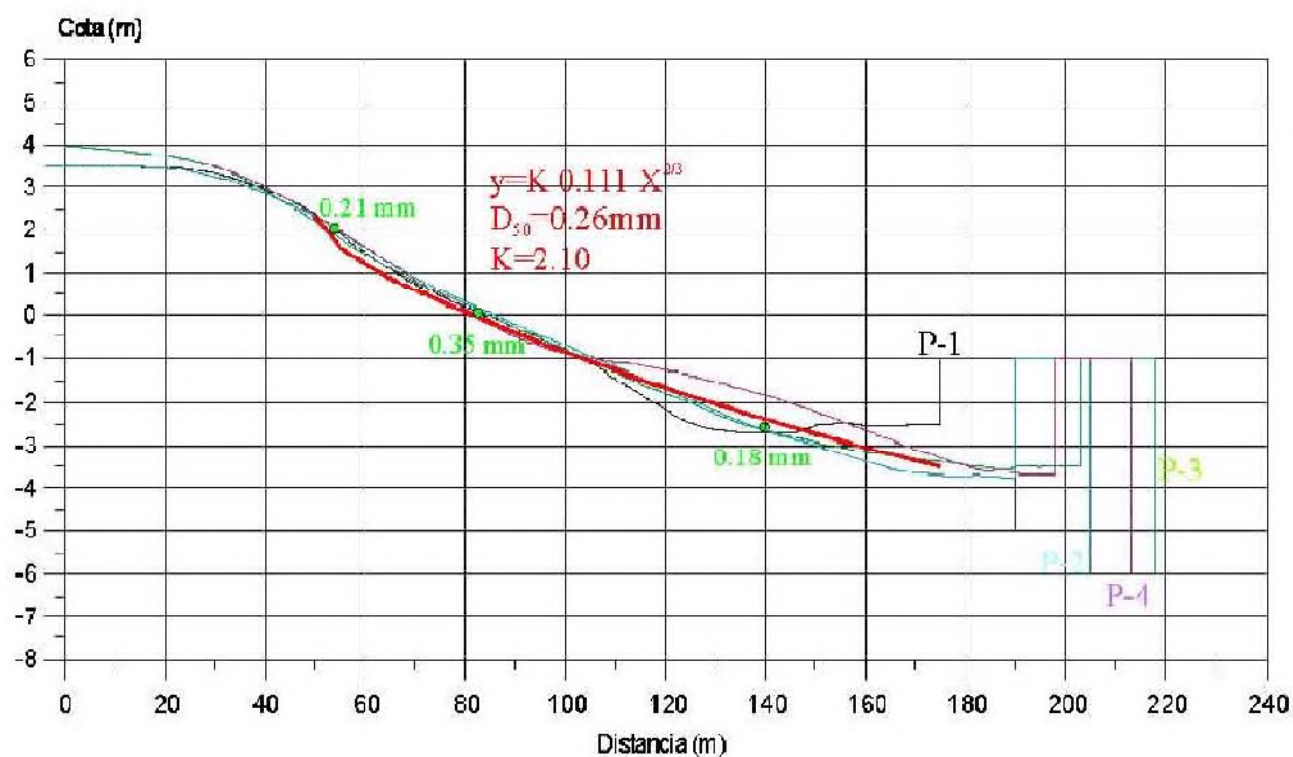
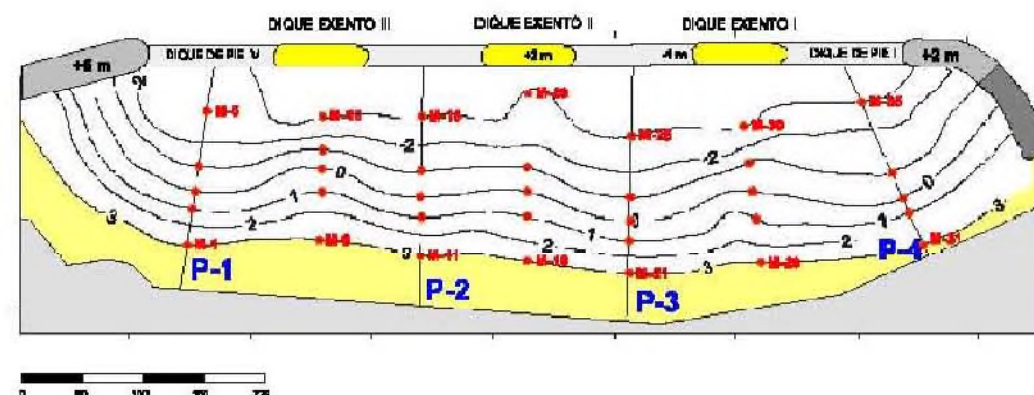


Estabilidad de la playa



Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

A3 - Figura 3.7



Perfil de equilibrio de la playa de Fañabé. Ajuste teórico al perfil de Dean, con un coeficiente K que incluye el factor de abrigo natural y artificial de la playa.

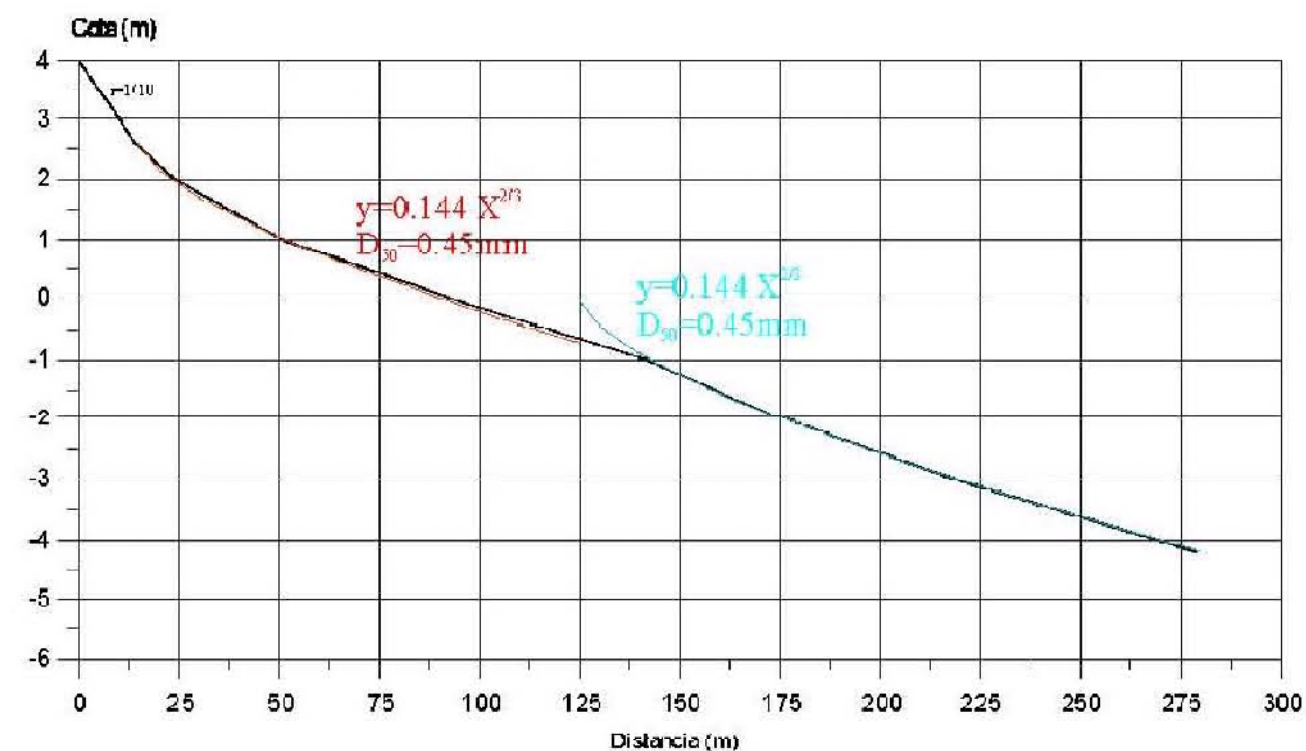


Estabilidad de la playa

A3 - Figura 3.8



Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)



Perfil de equilibrio calculado para la playa regenerada del Castillo. Diámetro del sedimentos $D_{50}=0.45$ mm.



Estabilidad de la playa

A3 - Figura 3.9



Estudio de acondicionamiento de la playa del Castillo (Caleta de Fuste)

ANEXO 4

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

ÍNDICE

1. MODELO MIKE 21-HD	1
2. MODELO MIKE 21-BW	3
3. MÓDULO DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS –ST.....	4
4. MÓDULO DE ECUACIÓN ELÍPTICA DEL OLEAJE –EMS.....	5
5. MÓDULO DE COSTA –NS.....	6

ANEXO 4.- DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

ANEXO N°4

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

1. MODELO MIKE 21-HD

El módulo hidrodinámico de MIKE 21 (MIKE 21 HD) es un sistema de modelización numérico general para la simulación de niveles de agua y flujos en estuarios, bahías y zonas costeras. Simula flujos variables en dos dimensiones horizontales y en una sola capa vertical (flujos verticalmente homogéneos).

Los cálculos se hacen en una red bidimensional que cubre todo el área de estudio. Los resultados del Módulo HD son flujos (velocidades) y niveles en todo el área de que se trate y sus variaciones a lo largo del período considerado.

El Módulo HD tiene las características siguientes:

-La red de cálculo puede tener cualquier forma, adaptándose a la morfología de la zona a modelizar.

-Se pueden incluir fuentes como vertidos y ríos y sumideros.

-Se puede incluir anegación y sequía de zonas inundables.

Los datos necesarios para hacer un cálculo con el Módulo HD son:

-Batimetría de la zona.

-Condiciones de contorno (caudales o niveles de agua).

-Condiciones iniciales.

Son utilizadas las siguientes ecuaciones integradas en la vertical:

a) Conservación de la masa

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \partial \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

b) Conservación de la cantidad de movimiento según x

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial x} + gp \frac{\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \gamma \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right] - \Omega q - fVV_x + h \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{Pa}{\rho w} \right] = 0$$

b) Conservación de la cantidad de movimiento según y

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + gp \frac{\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \gamma \left[\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right] - \Omega q - fVV_y + h \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{Pa}{\rho w} \right] = 0$$

h (x, y, t): Profundidad

? (x, y, t): Nivel de la superficie libre sobre el nivel medio

p (x, y, t): Densidad de flujo de volumen en dirección x

q (x, y, t): Densidad de flujo de volumen en dirección y

C (x, y, t): Coeficiente de resistencia de Chezy

? (x, y): Coeficiente de tensión tangencial lateral

g: Aceleración de la gravedad

f (V): Factor de fricción del viento

V: Velocidad del viento

V_x (x, y, t): Componente x de la velocidad del viento

V_y (x, y, t): Componente y de la velocidad del viento

O (x, y): Parámetro de Coriolis

P_a (x, y, t): Presión atmosférica

W: Densidad del agua

x, y: Coordenadas espaciales

t: Coordenada temporal

MIKE 21 HD hace uso de la técnica denominada ADI (Alternating Direction Implicit) para integrar las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento, en el espacio y en el tiempo. Las matrices que resultan de las ecuaciones para cada dirección y para cada línea de malla se resuelven por el algoritmo de doble barrido.

2. MODELO MIKE 21-BW

El módulo de oleaje de MIKE 21 (MIKE 21 BW) proporciona una solución numérica a las ecuaciones integradas en la vertical de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento en dos direcciones, considerando la densidad constante. La diferencia fundamental de estas ecuaciones respecto a las consideradas en el módulo hidrodinámico (MIKE 21 HD) es la inclusión de los términos de Boussinesq.

Las características principales son:

- Considera los fenómenos de refracción, difracción, shoaling, reflexión y transmisión a través de estructuras porosas.
 - El oleaje de entrada puede ser regular o irregular, en forma de una serie temporal.
 - Los resultados son elevaciones y flujos en cada punto de la malla para cada intervalo de tiempo.
- Las ecuaciones se resuelven por técnicas de diferencias finitas implícitas, son variables definidas en una malla rectangular.

3. MÓDULO DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS-ST

El módulo de transporte de sedimentos no cohesivos proporciona la tasa de transporte en zonas costeras, fluviales y de estuario debido a la acción de las corrientes y el oleaje. Las variaciones espaciales y temporales de las corrientes deben ser calculadas en una malla rectangular utilizando el módulo MIKE 21 HD. El transporte de sedimentos se calcula para cada nodo en función de la profundidad, corrientes, oleaje local y condiciones de sedimentación.

Los cambios en la batimetría se calculan solucionando la ecuación de la continuidad del sedimento. El transporte de sedimentos se calcula de una fórmula específica obtenida de una general.

$$\phi = a \left(\frac{g}{c_z^2} \right) (\theta^1 + c \theta_c)^d$$

Donde:

F Coeficiente adimensional de transporte de sedimento

a, b, c, d, Constantes de la fórmula del sedimento

g Aceleración de la gravedad

Cz Coeficiente de resistencia de Chezy

Θ^1 : Tensión tangencial del fondo adimensional

Θ_c : Parámetro crítico de Shields

Los cambios en la batimetría se describen por medio de la ecuación de continuidad para el material del fondo:

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-n} \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$$

Donde:

x, y, t: Variables independientes

qx, qy: Componentes del transporte de sedimentos en dirección x e y

n Porosidad del sedimento

z Nivel del fondo

Esta ecuación se resuelve por medio de un modelo en diferencias finitas.

4. MÓDULO DE ECUACIÓN ELÍPTICA DEL OLEAJE-EMS

MIKE 21 EMS (Elíptic Mild Slope) es un modelo de refracción-difracción de

oleaje regular que incluye:

- Shoaling.
- Reflexión parcial o total.
- Rotura del oleaje.
- Fricción del fondo.
- Transmisión del oleaje a través de estructuras.

Entre sus facilidades el módulo incluye:

- Generación interna del oleaje.
- Absorción en capas esponja.
- Cálculo del campo de tensores de radiación.

Los resultados básicos del modelo son:

- Altura de ola.
- Velocidad y dirección de corriente en dos direcciones.
- Campo de tensores de radiación.

El modelo está basado en la Ecuación de Berkhoff (1972), modificada como un sistema hiperbólico, y resuelto por medio de un algoritmo ADI implícito.

Esta tecnología es especialmente recomendable para estudios de resonancias, estudios de agitación interior o de propagación incluyendo rotura del oleaje.

Como resultados, además de la altura del oleaje resultante, proporciona información sobre el campo de tensores de radiación generados.

Es especialmente aplicable al estudio de la propagación del oleaje en lugares donde la difracción y la rotura del oleaje tengan una importancia especial y al estudio de ondas largas en

puertos. También se puede estudiar el oleaje convencional; sin embargo, dado que el modelo considera oleaje regular se recomienda que esto último se realice con el módulo MIKE 21 SW.

5. MÓDULO DE COSTA-NS

El módulo nearshore es aplicable al estudio de la agitación del oleaje en zonas costeras.

Considera la acción de la refracción, el shoaling, la fricción del fondo y la rotura de pico tras la propagación hasta tierra. También calcula el campo de tensores de radiación generados.

Las ecuaciones básicas en el modelo se derivan de la ecuación de la conservación de la densidad espectral del oleaje. La parametrización de esta ecuación en el dominio de las frecuencias se realiza introduciendo el momento de orden cero y uno del espectro como variables dependientes.

La velocidad de propagación c_{gx} , c_{gy} y $c?$ se ha obtenido la teoría de la onda lineal.

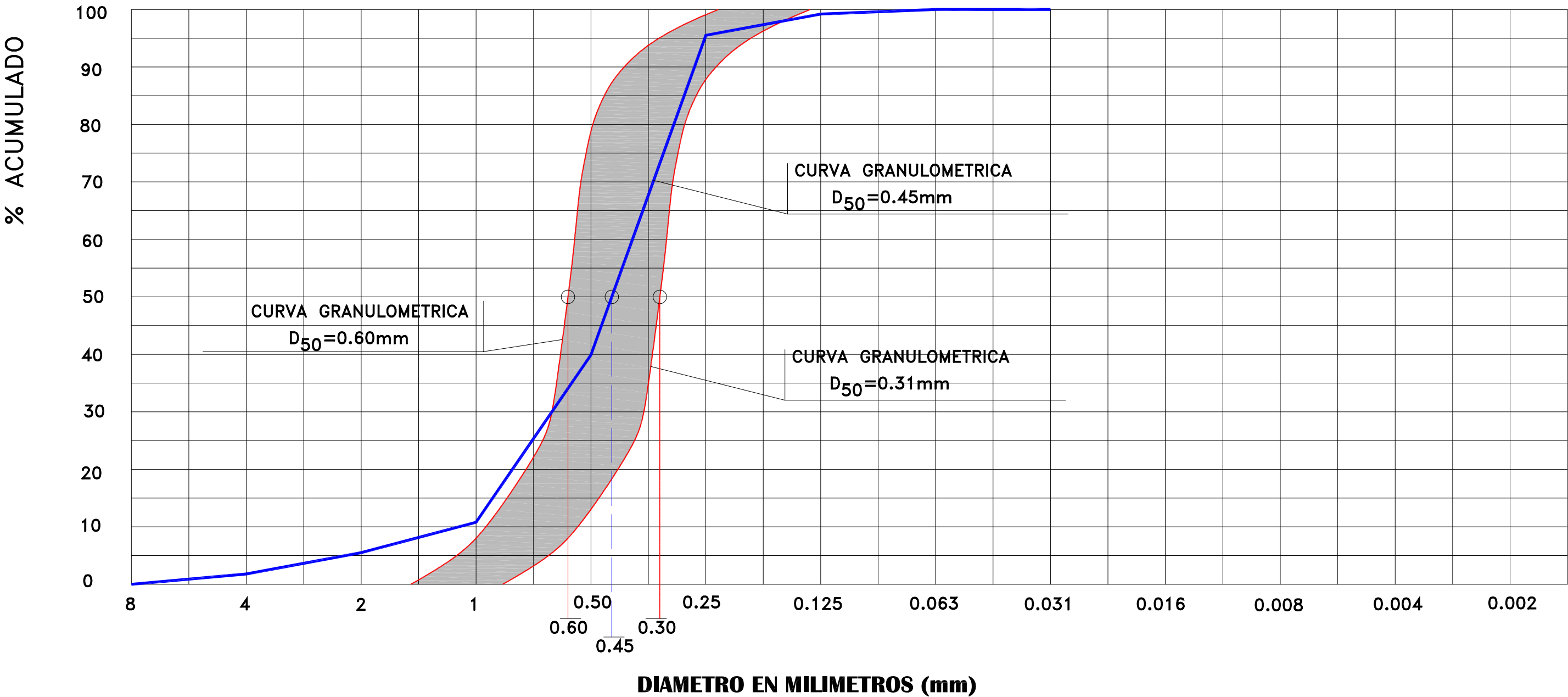
La otra parte de las ecuaciones básicas tiene en cuenta los efectos de la refracción y el shoaling. Los términos fuente $T?$ y $T1$ tienen en cuenta el efecto de generación por vientos locales y la disipación de energía debido a fricción con el fondo y rotura de oleaje. Se incluyen también los efectos de las corrientes sobre estos fenómenos.

En el MIKE 21 NSW los términos fuente para la generación de oleaje por vientos locales se obtienen directamente de la formulación realizada en el manual Shore Protection Manual (1984) para el crecimiento de oleaje en aguas profundas y fetch limitado.

ANEXO 5.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PLAYA DEL SECTOR-3 "LA GUIRRA". ARENA DE PLAYA. ZONA BAJA

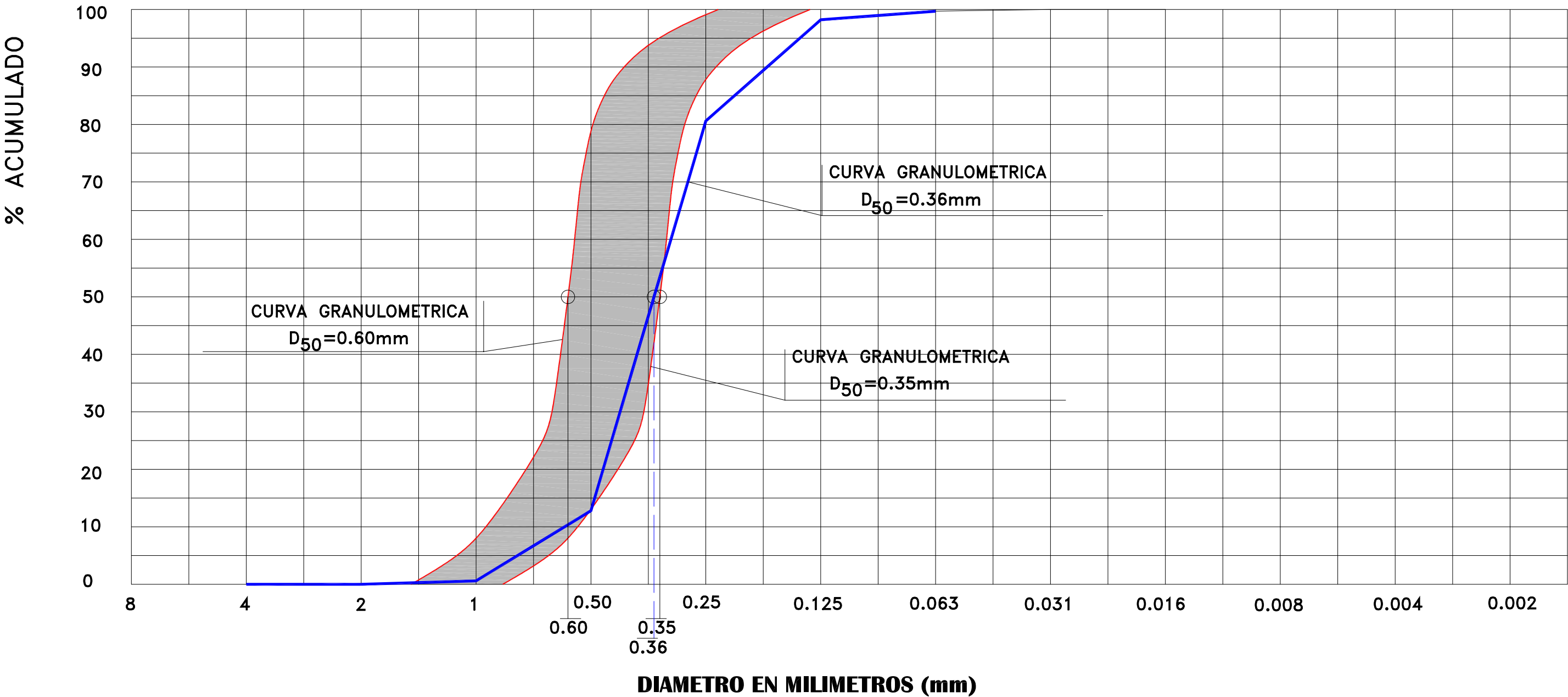
HUSO GRANULOMETRICO PROPUESTO PARA LA ARENA DE APORTACION



GRAVA	ARENA			FINOS	
	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA

PLAYA DEL SECTOR-3 "LA GUIRRA". ARENA DE PLAYA. ZONA ALTA

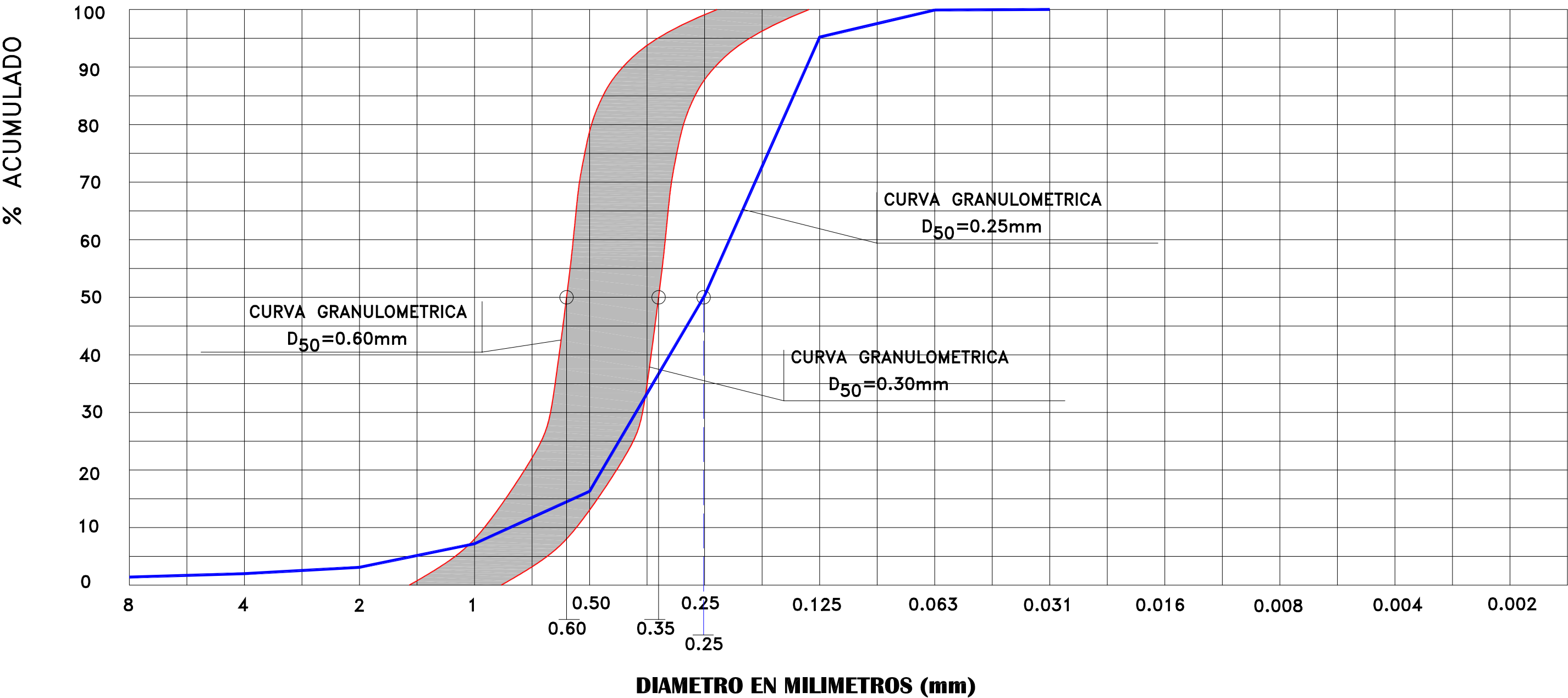
HUSO GRANULOMETRICO PROPUESTO PARA LA ARENA DE APORTACION



GRAVA	ARENA			FINOS	
	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA

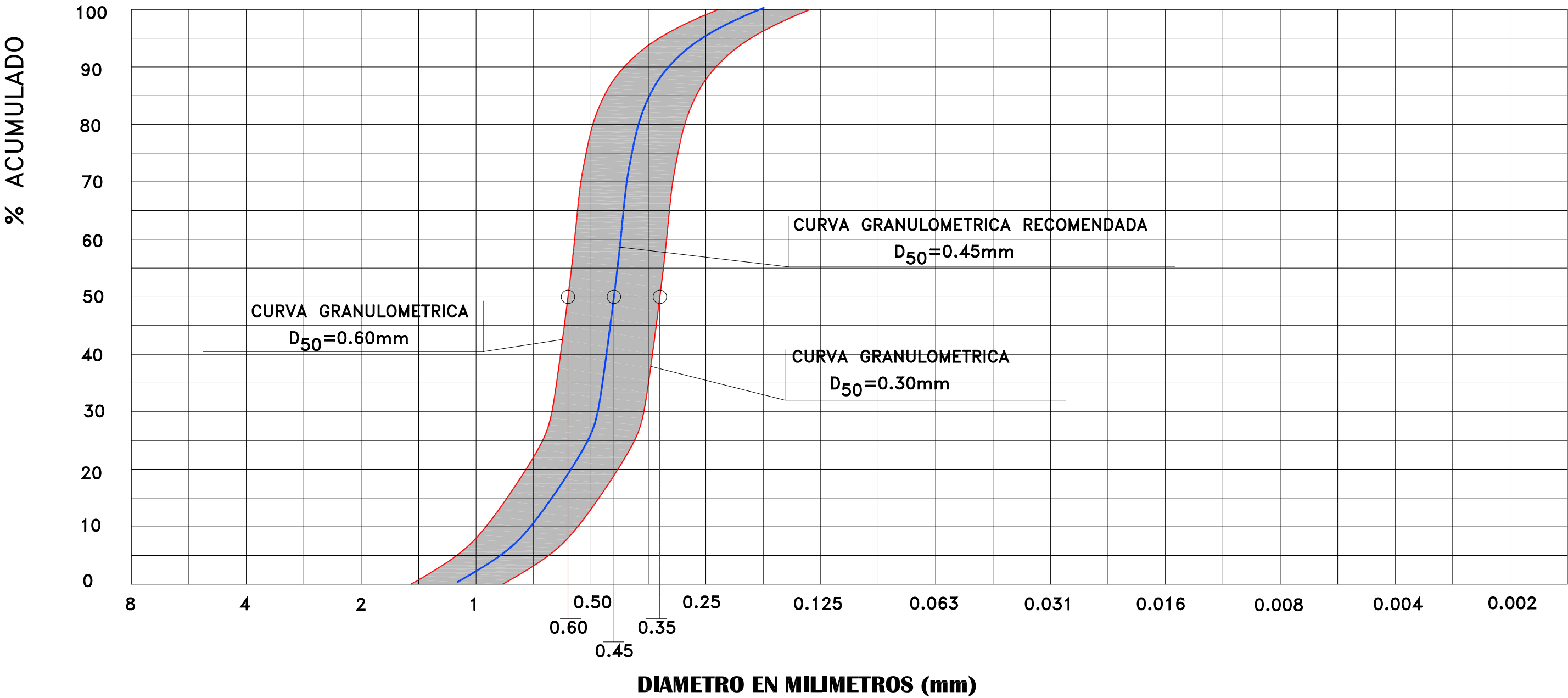
PUERTO DEL ROSARIO. ARENA DE PLAYA

HUSO GRANULOMETRICO PROPUESTO PARA LA ARENA DE APORTACION



GRAVA	ARENA			FINOS	
	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA

HUSO GRANULOMETRICO PROPUESTO PARA LA ARENA DE APORTACION



GRAVA	ARENA			FINOS	
	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA